ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 24 FÉVRIER 1919.

PRÉSIDENCE DE M. Léon GUIGNARD.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Secrétaire perpétuel** annonce à l'Académie que le Tome 164 des *Comptes rendus* (janvier-juin 1917) est en distribution au Secrétariat.

PATHOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *Des phénomènes hématiques dans l'anaphylaxie et l'antianaphylaxie (crise hémo-anaphylactique).* Note (¹) de MM. **Charles Richet**, **P. Brodin** et **Fr. Saint-Girons**.

Dès ses premiers travaux sur l'anaphylaxie, l'un de nous a montré que, parallèlement aux manifestations nerveuses, et notamment à l'abaissement de la pression artérielle, existaient des variations du nombre des leucocytes. Ces modifications sanguines, reprises et précisées par de nombreux auteurs, ont été réunies par MM. F. Widal, Abrami et Brissaud sous le nom de *crise hémoclasique*.

En reprenant ces recherches sur l'animal, nous avons mis en évidence quelques faits nouveaux.

Technique. — Toutes nos recherches ont été faites chez le chien, et les prélèvements sanguins toujours effectués sans anesthésie, au niveau de la carotide. Les numérations ont été pratiquées sur $0^{cm^3},5$ de sang dilué dans $99^{cm^3},5$ de liquide de Marcano, de manière à réduire au minimum les erreurs de mesure; globules blancs et rouges ont été comptés en même temps, à l'aide d'un hématimètre de Malassez. Nous

---

(¹) Séance du 17 février 1919.

avons numéré les hématies nucléées par rapport aux globules blancs et évalué ensuite leur nombre par millimètre cube, grâce à la connaissance que nous avions du nombre de globules blancs par millimètre cube. Nous avons toujours fait une prise de sang avant l'injection déchaînante; une deuxième, cinq minutes après l'injection, et les autres de quart d'heure en quart d'heure. Toutes nos injections, préparantes et déchaînantes, ont été faites par voie intraveineuse avec du plasma de cheval contenant 4 pour 1000 de citrate de sodium. La quantité employée a été en moyenne de 100^{cm^3}.

Nos expériences ont porté sur 18 chiens et se partagent en 3 groupes :

1° Injection première intraveineuse de plasma de cheval;

2° Injection déchaînante à des chiens sensibilisés;

3° Injection déchaînante à des chiens sensibilisés, mais ensuite antianaphylactisés par injection d'une petite quantité de plasma de cheval dilué dans 9 fois son volume de chlorure de sodium à 7 pour 1000.

1° *Effets d'une injection première de plasma de cheval.* — Chez les quatre chiens de ce premier groupe nous avons constamment observé, à la suite d'une injection première de plasma de cheval citraté, les troubles suivants :

A. Dès l'injection, la pression a fortement baissé pour se relever ensuite.

B. Le nombre des hématies par millimètre cube a diminué dans d'assez fortes proportions, sans doute par suite de la dilution sanguine provoquée par l'injection de 100^{cm^3} de plasma, puis s'est relevé pour revenir presque au point de départ, 1 heure environ après l'injection.

C. La leucopénie a été très marquée et persistante; mais il n'y eut pas de modification importante de la formule leucocytaire.

D. Le temps de coagulation sanguine, diminué au début, a fait place rapidement à une hypercoagulabilité très marquée.

2° *Effets de l'injection déchaînante (du même plasma) chez les animaux sensibilisés :*

α. *Anaphylaxie aiguë.* — Des sept chiens de ce groupe, quatre ont présenté les accidents typiques de l'anaphylaxie : cris aigus et agitation pendant l'injection déchaînante, ténesme immédiat et émission de matières, nausées et vomissements, dilatation pupillaire, tous phénomènes bientôt suivis d'un état d'hébétude avec titubation, selles nombreuses et sanglantes, vomissements bilieux, ayant abouti à la mort en quelques heures pour trois d'entre eux.

Les trois autres ont présenté des accidents (légers pour deux d'entre eux, nuls pour un autre), mais chez eux comme chez les quatre précédents, nous avons constaté des modifications sanguines qui, pour être atténuées, n'en sont pas moins typiques. Ces modifications sont :

A, une baisse intense de la pression; B, une augmentation très marquée du nombre des hématies par millimètre cube; C, une leucopénie intense

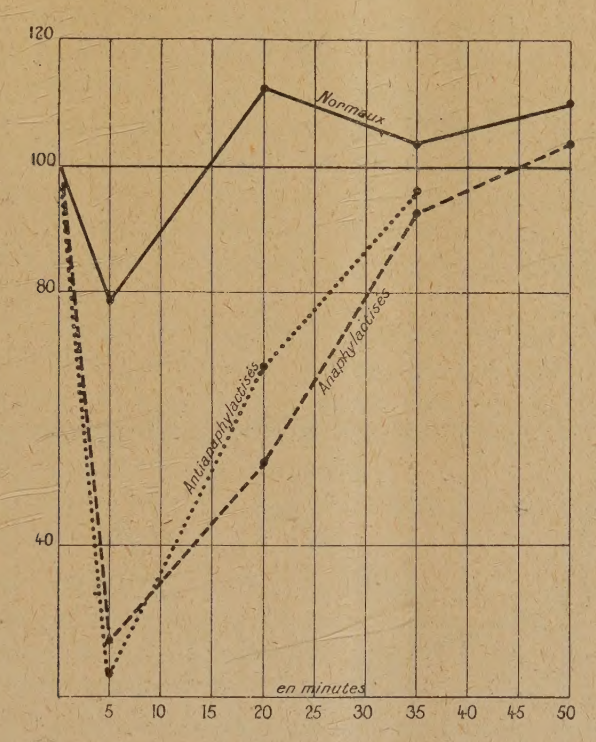


Fig. 1. — Variations de la concentration du sang. Aux ordonnées, les temps en minutes. Aux abscisses, la concentration du sang après injection (mesurée par la proportion des hématies). La concentration du sang avant l'injection étant faite égale à 100.

et persistante avec disparition presque complète des polynucléaires; D, une diminution considérable du pouvoir coagulant du sang; E, l'apparition d'un grand nombre d'hématies nucléées.

L'augmentation du nombre des hématies se manifeste immédiatement, dès les cinq premières minutes qui suivent l'injection, et augmente ensuite progressivement; jusqu'à la mort dans les cas graves, jusqu'à l'acmé des

accidents observés dans les cas terminés par guérison. Elle ne peut guère être due qu'à la concentration des liquides du sang due à l'issue hors des vaisseaux, de la partie liquide du sang circulant.

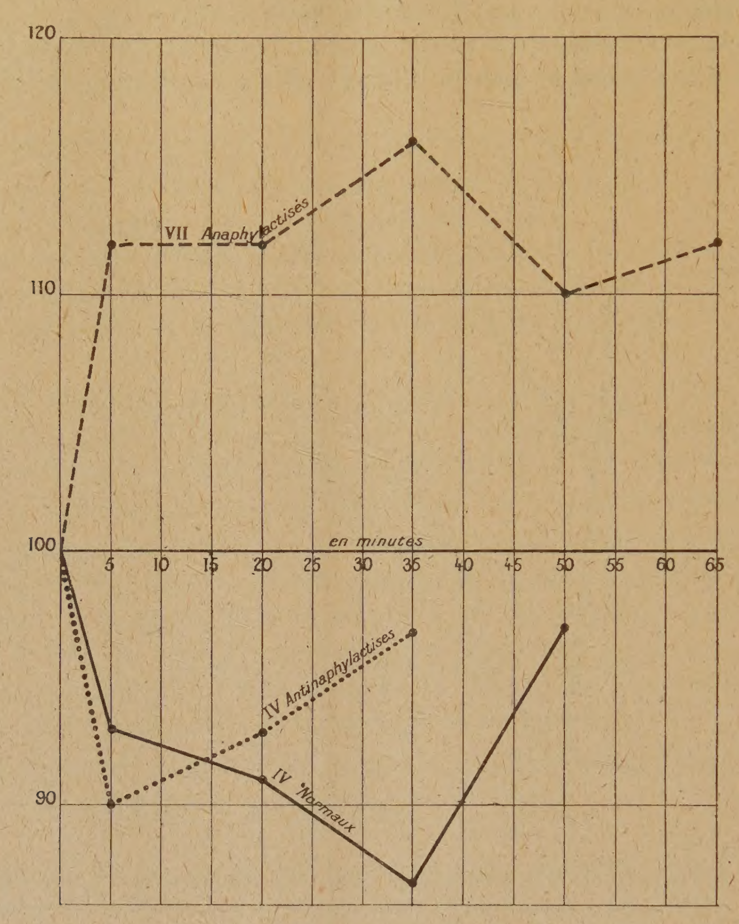


Fig. 2. — Variations de la formule leucocytaire dans l'anaphylaxie; on voit que chez les chiens anaphylactisés et antianaphylactisés, la proportion des polynucléaires a énormément diminué.

La leucopénie (plus intense et beaucoup plus persistante que lors d'une première injection) s'accompagne en outre d'une disparition presque complète des polynucléaires; cette disparition est passagère, ne dure que quelques minutes, et, très rapidement, au bout d'une demi-heure environ,

la formule leucocytaire est redevenue ce qu'elle était avant l'injection déchaînante.

La coagulation est profondément troublée. Alors qu'après une première injection il y a diminution passagère du pouvoir coagulant, bientôt suivie d'une augmentation très nette de ce pouvoir, dans le choc anaphylactique typique nous avons toujours constaté une diminution considérable et persistante de ce pouvoir coagulant.

Normalement le sang du chien ne renferme pas d'hématies nucléées ou n'en renferme qu'un nombre infime. *Chez tous les chiens anaphylactisés nous en avons vu apparaître un très grand nombre.* Cette réaction, qui avait jusqu'alors passé inaperçue, est très précoce; ébauchée dès les premières minutes, elle est nette au bout d'un quart d'heure et va ensuite en augmentant progressivement pour persister pendant plusieurs heures. Toujours très marquée, elle peut être intense, atteignant parfois le chiffre de 46 hématies nucléées pour 100 leucocytes et de plus de 3000 par millimètre cube (voir le graphique).

Ce sont généralement des hématies nucléées de même volume que l'hématie normale et à protoplasme éosinophile, chargé d'hémoglobine (normoblastes), plus rarement nous avons observé des mégaloblastes et des hématies nucléées à protoplasme plus ou moins basophile. Assez souvent le noyau était pycnotique, en voie d'expulsion.

Il y a mise en liberté d'hématies nucléées; mais il ne semble pas y avoir mise en liberté de myélocytes.

β. *Anaphylaxie suraiguë.* — Chez les trois chiens de ce groupe (P..., B..., H...), la mort est survenue, en 3 heures pour le premier, en 35 minutes pour le second, en 10 minutes pour le troisième.

L'augmentation du nombre des hématies a été particulièrement intense chez celui dont la survie a été la plus longue; par contre, les modifications leucocytaires ont été moins nettes et l'apparition d'hématies nucléées, nulle chez l'un, a été à peine ébauchée chez les deux autres. Tout s'est passé comme si l'intensité des accidents avait empêché les réactions sanguines de se produire avec la même intensité que dans les cas moins graves.

3° *Chiens antianaphylactisés.* — Les quatre chiens de ce groupe, antianaphylactisés plusieurs jours auparavant par une injection de 10^{cm^3} de plasma dilués dans 90^{cm^3} de NaCl, n'ont présenté, après une injection déchaînante intraveineuse de 100^{cm^3} de plasma, que des accidents, extrêmement légers chez l'un d'eux, nuls chez les autres.

L'étude de leur sang nous a montré une dissociation extrêmement nette des troubles observés chez les chiens anaphylactisés.

L'hypotension a été à peine marquée, la coagulation moins troublée et surtout l'augmentation du nombre des hématies a fait complètement

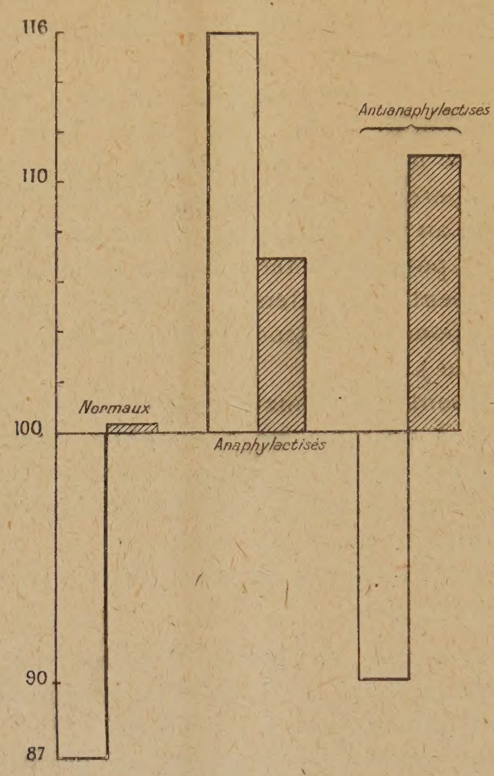


Fig. 3. — Concentration du sang et proportion d'hématies nucléées au bout d'une demi-heure.

Dans les colonnes noires, la concentration du sang. Au bout de 30 minutes le sang s'est dilué chez les chiens normaux et antianaphylactisés. Au contraire, il s'est concentré chez les chiens anaphylactisés.

Dans les colonnes à hachures, proportion des hématies nucléées. Il n'y en a pas (ou à peine) chez les chiens normaux. Il y en a une proportion considérable chez les chiens ana- et antianaphylactisés.

défaut. A ce point de vue ces chiens se sont même comportés exactement comme les chiens recevant une première injection : au lieu d'une concentration, ils ont présenté une dilution marquée de leur sang. Au contraire, le changement de la formule leucocytaire et l'apparition d'hématies nucléées ont été particulièrement intenses, comme chez les chiens anaphylactisés.

Conclusions. — Trois faits nouveaux résultent de nos expériences :

1° Le sang se modifie profondément dans l'anaphylaxie, par *l'apparition des hématies nucléées.*

Nous nous sommes demandé, encore que le fait fût bien improbable, si celles-ci ne prenaient pas naissance directement (par une action humorale simple), dans le sang des animaux anaphylactisés. Nous avons donc mélangé *in vitro* du sang de chien sensibilisé et du plasma de cheval : le résultat a été entièrement négatif.

Par conséquent, il est vraisemblable, comme on l'admet en général, que les hématies nucléées, qui apparaissent dans le sang des animaux anaphylactisés, proviennent des organes hématopoïétiques, altérés ou stimulés.

Même chez les animaux assez bien antianaphylactisés pour ne présenter que quelques phénomènes réactionnels fugaces et légers, à peine appréciables, il se produit tout de même des hématies nucléées. Il est donc permis de supposer que la présence de ces hématies à noyaux, au moins dans l'anaphylaxie du chien, est un phénomène caractéristique de l'anaphylaxie, ne faisant pas défaut, alors que les autres symptômes sont absents.

2° La *concentration* du sang augmente.

Si le sang se concentre dans l'anaphylaxie, c'est qu'une certaine quantité du plasma sanguin passe dans les tissus. Nos expériences précédentes sur l'hémorragie avaient déjà montré avec quelle facilité varie en quelques minutes le volume du sang. Dans l'anaphylaxie aiguë, ce changement est très rapide ; et même il nous a paru que, plus la concentration sanguine est intense et soudaine, plus les accidents anaphylactiques sont marqués.

Chez les chiens antianaphylactisés, cette concentration du sang fait absolument défaut. On peut donc supposer qu'il y a une relation entre les phénomènes nerveux de l'anaphylaxie et la pénétration dans les tissus d'une quantité importante des éléments constituants du plasma sanguin.

3° *La formule leucocytaire varie*, c'est-à-dire que les polynucléaires, pendant un temps relativement long, disparaissent.

Là encore, les chiens antianaphylactisés se comportent comme les chiens anaphylactisés, soumis à une injection déchaînante.

Ces trois phénomènes, concentration du sang, apparition d'hématies nucléées, variation de la formule leucocytaire, montrent bien quels change-

ments profonds l'injection anaphylactisante (déchaînante), provoque dans la constitution du sang [1].

ÉLECTRO-MÉCANIQUE. — *Application de la théorie des deux réactions au calcul des oscillations forcées des alternateurs accouplés fonctionnant en marche synchronique.* Note [2] de M. **André Blondel.**

On connaît l'équation différentielle ordinaire des oscillations des alternateurs accouplés sur un réseau autour de leur vitesse moyenne [3]

$$\frac{\omega}{p^2}\mathrm{K}\frac{d^2\theta}{dt^2}+\frac{\omega}{p}\left(a\frac{d\theta}{dt}+\mathrm{C}\theta\right)=\frac{\omega}{p}\Gamma_n\sin(n\Omega t-\eta_n) \tag{1}$$

dans laquelle K est le moment d'inertie, ω la vitesse de pulsation moyenne des courants alternatifs produits, p le nombre de paires de pôles, C et a les couples synchronisant et d'amortissement, Γ_n l'amplitude de l'harmonique n de l'irrégularité du couple moteur, $\varepsilon = n\Omega$ sa vitesse de pulsation, θ l'angle d'oscillation de l'écart angulaire de *phase* correspondant $\left(\text{l'angle d'oscillation matériel est } \frac{\theta}{p}\right)$ supposé extrêmement petit et mesuré par rapport à la phase de la tension U du réseau [4]. Généralement on a $\Omega = \frac{\omega}{p}$ et $n = 1$; pour les moteurs à explosion on peut avoir $\Omega = \frac{\omega}{2p}$.

La solution particulière de l'équation (1) s'écrit en notations symbo-

---

(1) Peut-être même, comme certains indices nous le font présumer, cette crise hémo-anaphylactique (dissociée par l'antianaphylaxie) serait-elle capable d'exercer dans certains cas une action thérapeutique favorable.

(2) Reçue dans la séance du 3 février 1919.

(3) Cf. A. Blondel, *Couplage et synchronisation des alternateurs accouplés* (*La Lumière électrique*, t. 45, 1892, p. 362).

(4) La théorie présente s'appliquera aussi bien à un moteur qu'à un générateur en remarquant qu'intensité, puissance et couple changent de signe en passant d'un cas à l'autre. Les équations s'appliquent également à deux alternateurs accouplés en parallèle en désignant par θ l'angle d'oscillation de chacun par rapport à la position moyenne de l'ensemble.

liques, en désignant l'amplitude vectorielle [1] de θ par $\overline{\theta}_{\max}$ et $\sqrt{-1}$ par j

$$\overline{\theta}_{\max} = \frac{\omega}{p} \frac{\Gamma_n}{\frac{\omega}{p}(C + j\varepsilon a) - \varepsilon^2 \frac{\omega}{p^2} K}. \tag{2}$$

J'introduis maintenant un couple complexe $\overline{C}$ défini par la relation (3) et qui englobe en un seul terme les couples synchronisant et amortissant

$$\overline{C} = C + j\varepsilon a, \quad \text{d'où} \quad \overline{\theta}_{\max} = \frac{\omega}{p}\Gamma_n \frac{1}{\frac{\omega}{p}\overline{C} - \varepsilon^2 \frac{\omega}{p^2} K} = \frac{\omega}{p}\Gamma_n \frac{1}{\overline{\Delta}}. \tag{3}$$

La puissance électrique interne P de l'alternateur est pour chaque phase

$$\frac{P}{q} = E_t I_t + E_d I_d + \frac{1}{q} H = (U_t + r I_t) I_t + (U_d + r I_d) I_d + \frac{1}{q} H, \tag{4}$$

en appelant E_d et E_t les composantes *directe* et *transversale* de la force électromotrice interne E [soit les composantes suivant l'axe des pôles et suivant une direction perpendiculaire pour un alternateur bipolaire idéal d'après ma théorie des deux réactions [2]], I_t et I_d les composantes transversale et directe du courant pour une phase, U_t et U_d les composantes $U \cos\zeta$ et $U \sin\zeta$ de la tension U aux bornes du réseau, ζ le décalage de U en arrière de la force électromotrice induite en circuit ouvert, r la résistance d'une phase de l'induit, q le nombre de phases, H un terme tenant compte des effets d'hystérésis et des courants de Foucault.

Le couple vectoriel $\overline{C}$ s'écrit en fonction de P

$$\frac{\omega}{p}\overline{C} = \frac{\partial P}{\partial \zeta} + j\varepsilon \frac{\partial P}{\partial \omega} = \overline{\varpi}(P), \quad \text{avec} \quad \overline{\varpi} = \frac{\partial}{\partial \zeta} + j\varepsilon \frac{\partial}{\partial \omega}. \tag{5}$$

Soient des courants $\overline{J}_t$ et $\overline{J}_d$ définis de même par

$$\overline{J}_t = \overline{\varpi} I_t = \frac{\partial I_t}{\partial \zeta} + j\varepsilon \frac{\partial I_t}{\partial \varepsilon}, \qquad \overline{J}_d = \overline{\varpi} I_d = \frac{\partial I_d}{\partial \zeta} + j\varepsilon \frac{\partial I_d}{\partial \varepsilon}. \tag{6}$$

---

[1] Les vecteurs seront distingués par un trait horizontal au-dessus de la lettre.

[2] Cf. A. BLONDEL, *Comptes rendus*, t. 129, 1899, p. 586; *Ibid.*, t. 159, 1914, p. 570. Pour la définition des coefficients moyens de self-induction directe et transversale applicables aux environs d'un régime connu. Cf. *Comptes rendus*, t. 166, 1918, p. 323.

En effectuant les dérivations dans (4), $\overline{C}$ prend la forme vectorielle [1]

$$(7)\qquad \frac{\omega}{pq}\overline{C} = (U_t + 2rI_t)\overline{J}_t + (U_d + 2rI_d)\overline{J}_d + \Pi + \frac{1}{q}\overline{H}.$$

Π est la puissance réactive pour une phase $(U_tI_d - U_dI_t)$. J'admets la relation *scalaire* approchée (h et f étant des coefficients convenables),

$$(8)\quad H = \left(\frac{h}{\omega} + f\right)E^2 = \nu E^2;\quad \text{d'où}\quad \overline{H} = \frac{\partial H}{\partial \zeta} + j\varepsilon\frac{\partial H}{\partial \varepsilon} = 2\nu E\frac{\partial E}{\partial \zeta} - j\varepsilon\frac{h}{\omega^2}E^2.$$

On détermine les valeurs $\overline{J}_t$ et $\overline{J}_d$, en appliquant $\mathfrak{O}$ aux relations des projections des forces électromotrices; d'où (9) et (10) :

$$(9)\qquad r\overline{J}_t + \omega L_d\overline{J}_d + \omega M_d\overline{J}_{md} = -\overline{\mathfrak{O}}(U_t) + j\frac{\varepsilon}{\omega}E_t = U_d + j\frac{\varepsilon}{\omega}(U_t + rI_t),$$

$$(10)\qquad -r\overline{J}_d + \omega L_t\overline{J}_t + \omega M_t\overline{J}_{mt} = \overline{\mathfrak{O}}(U_d) - j\frac{\varepsilon}{\omega}E_d = U_t - j\frac{\varepsilon}{\omega}(U_d + rI_d),$$

dans lesquelles M_d, M_t sont les coefficients d'induction mutuelle directe et transversale des circuits inducteurs par rapport aux circuits induits (en supposant l'inducteur muni de deux bobinages correspondants); $\overline{J}_{mt}$ et $\overline{J}_{md}$ les deux composantes des courants (magnétisants) des inducteurs supposés complexes, afin de pouvoir traiter immédiatement le cas ou l'excitation de l'alternateur est compoundée. Supposons même que l'inducteur porte deux circuits excitateurs recevant le courant de deux excitatrices compoundeuses compensant respectivement la réaction ωL_dI_d et la réaction ωL_tI_t. Appelons respectivement $\overline{Z}_{md}$, $\overline{Z}_{mt}$ les impédances vectorielles de ces circuits

$$\overline{Z}_{md} = R_{md} + j\varepsilon L_{md};\quad \overline{Z}_{mt} = R_{mt} + j\varepsilon L_{mt},$$

B_d et B_t les effets des excitatrices compoundeuses; $j\varepsilon M_d$ et $j\varepsilon M_t$ les effets d'induction produits par les oscillations de l'induit. On pourra alors poser :

$$(11)\qquad \overline{Z}_{md}\overline{J}_{md} = -(B_d + j\varepsilon M_d)\overline{J}_d,$$

$$(12)\qquad \overline{Z}_{mt}\overline{J}_{mt} = -(B_t + j\varepsilon M_t)\overline{J}_t.$$

---

[1] L'équation a été écrite en divisant les deux membres par q, afin de ne pas traîner ce facteur dans les différentes expressions qu'on va donner de la puissance.

Les composantes et vecteurs de courants et de forces électromotrices sont tous exprimés en valeurs efficaces, ampères et volts, K en joules.

La compensation parfaite par le compoundage dans le cas où il n'y a pas d'oscillations, entraîne les deux conditions

$$(13)\qquad \frac{\omega M_d B_d}{R_{md}} = \omega L_d \quad \text{et} \quad \frac{\omega M_t B_t}{R_{mt}} = \omega L_t;$$

d'où, en éliminant B_d et B_t avec (11) et (12),

$$(11')\qquad \overline{Z}_{md}\,\omega L_d \overline{J}_{md} = -(\omega L_d R_{md} + j\varepsilon\omega M_d^2)\overline{J}_d,$$

$$(12')\qquad \overline{Z}_{mt}\,\omega L_t \overline{J}_{mt} = -(\omega L_t R_{mt} + j\varepsilon\omega M_t^2)\overline{J}_t.$$

La résolution des équations (9), (10), (11') et (12') donne par une élimination facile $\overline{J}_d$ et $\overline{J}_t$; telle est la solution générale dans le cas où il y a compoundage et amortissement. En négligeant $r\overline{J}_t$ dans (9) et $-r\overline{J}_d$ dans (10), on a une première approximation généralement suffisante (¹) :

$$(14)\qquad \overline{J}_d = \frac{U_d}{\omega L_d}\overline{D}_d \overline{S}_d; \qquad \overline{J}_t = \frac{U_t}{\omega L_t}\overline{D}_t \overline{S}_t,$$

les facteurs A, $\overline{S}$ et $\overline{D}$ étant définis par

$$(15)\qquad \begin{cases} \overline{D}_d = 1 + j\dfrac{\varepsilon}{\omega}\dfrac{U_t}{U_d}\left(1 + r\dfrac{I_t}{U_t}\right) \approx 1 + j\dfrac{\varepsilon}{\omega}\dfrac{U_t}{U_d}, \\ \overline{D}_t = 1 - j\dfrac{\varepsilon}{\omega}\dfrac{U_d}{U_t}\left(1 + r\dfrac{I_d}{U_d}\right) \approx 1 + j\dfrac{\varepsilon}{\omega}\dfrac{U_d}{U_t}; \\ \overline{S}_d = \dfrac{1}{\sigma}\left(1 - j\dfrac{R_{md}}{\varepsilon L_{md}}\right), \qquad \overline{S}_t = \dfrac{1}{\sigma}\left(1 - j\dfrac{R_{md}}{\varepsilon L_{md}}\right), \\ A_t = 1 + 2r\left(\dfrac{I_t}{U_t} + \dfrac{\nu}{q}\right); \qquad A_d = 1 + 2r\left(\dfrac{I_d}{U_d} + \dfrac{\nu}{q}\right) \\ \qquad\text{avec } M_d^2 = (1-\sigma) L_d L_{md}. \end{cases}$$

Le dénominateur cherché $\overline{\Delta}$ prend la valeur

$$(16)\qquad \overline{\Delta} = \frac{\omega}{p}\overline{C} - \varepsilon^2\frac{\omega}{p^2}K = q\left[\frac{U_t^2}{\omega L_t}A_t\overline{D}_t\overline{S}_t + \frac{U_d^2}{\omega L_d}A_d\overline{D}_d\overline{S}_d + \Pi\right] - j\varepsilon\frac{h}{\omega^2}E^2 - \varepsilon^2\frac{\omega}{p^2}K.$$

S'il n'y a pas de compoundage, mais deux circuits amortisseurs de

---

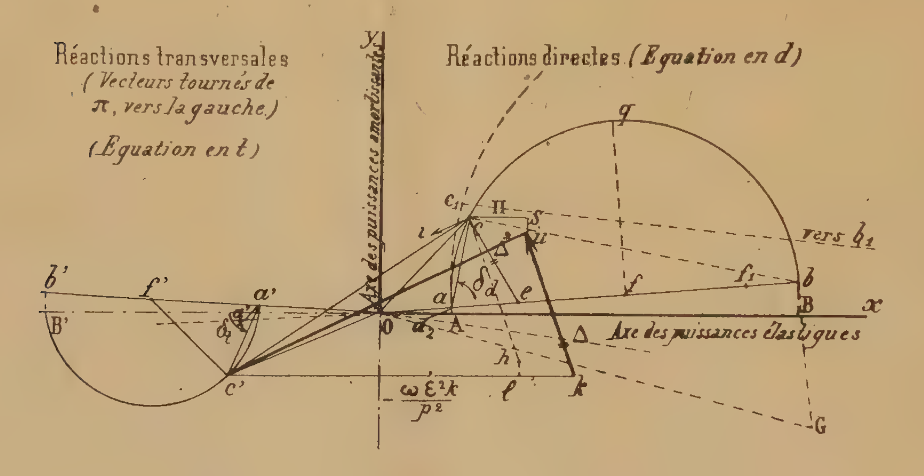
(¹) On obtient une deuxième approximation en ajoutant ensuite un petit vecteur rJ_d et $-r\overline{J}_t$ respectivement aux expressions de $\dfrac{U_d}{\omega L_d}A_d D_d$ et de $\dfrac{U_t}{\omega L_t}A_t D_t$.

constantes différentes, dont l'un est constitué pratiquement par le circuit d'excitation des inducteurs [1], la solution est aussi de la forme (16), mais en posant :

$$(17)\qquad \overline{S}_t = 1 + \frac{1-\sigma}{\sigma}\cos^2\delta_t + j\,\frac{1-\sigma}{\sigma}\sin\delta_t\cos\delta_t, \qquad \operatorname{tang}\delta_t = \frac{R_{mt}}{\varepsilon(\sigma L_{mt})}.$$

Le vecteur $\overline{S}_t$ est le même que dans un moteur polyphasé asynchrone ayant pour glissement $\frac{\varepsilon}{\omega}$ (diagramme du cercle).

$\overline{S}_d$ est symétrique; A_t, A_d, $\overline{D}_t$ et $\overline{D}_d$ sont définies par (15). La figure



représente graphiquement cette équation vectorielle (16) :

$$Oc = q\,\frac{U_d^2}{\omega L_d}\,A_d\overline{D}_d\overline{S}_d.$$

Le vecteur $\frac{U_t^2}{\omega L_t}A_t\overline{D}_t\overline{S}_t = Oc'$ est porté en sens inverse (origine des phases, direction ox'); cc' donne alors immédiatement la résultante des deux premiers termes de (16) en U_t et U_d (aa_2 et $a'a'_2$ sont les corrections de r

[1] Les divers types de circuits amortisseurs ont été inventés par M. Maurice Leblanc (Cf. *La Lumière électrique*, t. 46, 1892, p. 602, et *L'Éclairage électrique*, t. 18, p. 124).

sur Oa et Oa'); on ajoute $cs = \Pi$ et $su = -\frac{\varepsilon}{\omega^2} h E^2$; il revient au même de retrancher de $c'k$ les deux mêmes segments kl et lh.

Le diagramme permet une discussion facile des conditions les plus favorables pour la bonne marche des alternateurs accouplés. Dans le cas le plus ordinaire où il n'y a pas de compoundage, et si les termes d'amortissement $\overline{D}$ se réduisent à l'unité, les lignes Ob et Ob' se confondent avec l'axe horizontal; on peut discuter les effets amortissants produits soit par le circuit inducteur, soit par le circuit amortisseur transversal.

Prenons par exemple le cas du premier : le point h, défini plus haut, vient en e sur l'axe horizontal, et ec représente le vecteur $\overline{\Delta}$. Supposons d'abord le coefficient de fuite σ donné et soit Of la distance du centre du cercle; on a

$$(18) \qquad Oe = \frac{\omega \varepsilon^2 K}{p^2} - q\Pi,$$

$$(19) \qquad Of = \frac{U_d^2}{\omega L_d}\left(1 + \frac{1-\sigma}{2\sigma}\right) = \frac{U^2}{\omega L_d}\,\frac{1-\sigma}{2\sigma};$$

Π dépend du débit déwatté sur le circuit extérieur; ω, ε, p, L_d sont des données de construction; suivant les valeurs relatives que l'on aura données à l'inertie K et au coefficient de dispersion σ, Oe sera plus grand ou plus petit que Of.

Dans le premier cas, on voit immédiatement que $\overline{\Delta} = ec$ croît avec δ; il y a donc avantage à augmenter la résistance du circuit inducteur R_{md} (par exemple par l'addition d'un rhéostat) par rapport à L_{md} (qui comprend la self-induction des pôles inducteurs et de la machine excitatrice).

Dans le second cas ($Oe < Of$), $\overline{\Delta}$ croît quand on diminue δ; c'est-à-dire qu'il y a avantage à diminuer la résistance en mettant plus de cuivre sur les inducteurs, ou augmenter la self-induction par l'addition d'une self-induction extérieure si cela est nécessaire.

Pour $Oe = Of$, Δ est maximum quand on fait la résistance égale à une réactance $R_{md} = \sigma \varepsilon L_{md}$.

On peut, au moment de la construction de l'alternateur, modifier plus ou moins le coefficient de dispersion σ; on le diminue en réduisant l'entrefer; on l'augmente en augmentant l'entrefer ou en ajoutant des self-inductions sur le circuit induit entre l'alternateur et le réseau ou sur le circuit inducteur entre les bornes des inducteurs et l'excitatrice. La

variation de σ se traduit sur l'épure par une variation inversement proportionnelle de $Ob = \frac{Oa}{\sigma} \frac{q U_d^2}{\omega L_d} A_d \overline{D}_d$.

En remarquant que $Oa = 1$, on voit que le diamètre ab du cercle passant par le point fixe a, augmente très vite quand σ diminue; quand le centre est f, c vient en c_1. La réduction des fuites au minimum peut accroître $\overline{\Delta}$ (le point e restant fixe). Mais la puissance dépensée en pure perte par les courants oscillatoires dans le circuit d'inducteur est proportionnelle à la projection verticale de $\overline{\Delta}'$. Elle s'accroît par la diminution de σ aussi bien que par la diminution de R_{md} (tant que $\sigma \varepsilon L_{md}$ est $< R_{md}$).

Pour éviter d'exagérer cette dépense d'énergie inutile, le plus pratique est de se fixer la valeur minimum jugée nécessaire pour le dénominateur $\overline{\Delta}$ (ce minimum doit être au plus égal à Od représentant la valeur que prendrait le dénominateur s'il n'y avait pas de couple élastique), et de tracer du point e comme centre un cercle de rayon égal à cette valeur; le point de rencontre c de ce cercle avec le demi-cercle acb déterminé par la valeur choisie de σ permet de tracer ac et de connaître par conséquent l'angle caractéristique δ_d qui détermine le rapport désirable de la résistance à la réactance.

Si $\overline{\Delta}_0$ minimum est $< ae$, c'est-à-dire :

$$\Delta_0 < \frac{\omega \varepsilon^2 K}{p^2} - q\,\Pi - q\,\frac{U_d^2}{\omega L_d},$$

on pourra admettre une valeur aussi grande que l'on voudra de σ, donc un très grand entrefer; dans le cas contraire, on devra diminuer les fuites jusqu'à ce que le second membre d'inégalité ne dépasse pas $\overline{\Delta}$ et il n'y a pas d'intérêt à aller plus loin pour la limitation des oscillations entretenues; la dépense d'énergie dans les amortisseurs ne présente alors d'intérêt que pour éteindre les oscillations accidentelles, comme je l'expliquerai ([1]).

Tout ce qu'on vient de dire pour le circuit des inducteurs (équations en d) peut être répété aussi facilement pour le circuit transversal (équa-

([1]) Le compoundage parfait substitue au diagramme du cercle une simple ligne droite formant l'hypoténuse d'un triangle construit sur la même base OG, et l'angle χ $\left(\tan\chi = \frac{R_{md}}{\varepsilon L'_{md}}\right)$ formé par cette droite avec la base est d'autant plus grand que la résistance du circuit inducteur est plus petite. Le régime est instable.

tions en t) quand il est muni d'amortisseurs, mais avec cette différence que le coefficient de dispersion σ est généralement notablement plus grand (surtout si les barres d'amortisseur n'occupent pas tout l'espace interpolaire), et que le circuit amortisseur contient beaucoup moins de cuivre. En outre, le rapport $\frac{R_{md}}{\varepsilon L_{md}}$ est beaucoup plus petit, puisque les amortisseurs comprennent moins de cuivre que le circuit excitateur et L_t est $< L_d$.

HYGIÈNE ALIMENTAIRE. — *Sur les soupes et potages militaires.* Note de M. BALLAND.

Les soupes extemporanées sont connues depuis longtemps aux armées. Une soupe au blé et au lard « inventée par M. de Vauban en faveur de ses vieux amis, les soldats de la Sarre » eut autrefois une certaine célébrité (1). Des soupes aux farines avec des oignons frits dans le beurre ou le saindoux figurent dans des Rapports de Parmentier sur les soupes aux légumes proposées en vain pour conjurer les crises alimentaires de 1800 et 1812 (2).

Très nombreux ont été, pendant la dernière guerre, les produits pour soupes ou potages offerts au ravitaillement des armées. Parmi les plus simples, on a remarqué de l'avoine, de l'orge, du sarrasin en grains décortiqués entiers ou aplatis; des farines de légumineuses de différents pays (doliques, haricots, pois, pois-chiches, soja, voandzou); des fécules de patates du Japon, des pommes de terre desséchées en minces rondelles ou sous forme granulaire, etc.

On a reçu des soupes très variées. L'une d'elles n'était qu'un ramassis de petits croûtons de pain torréfiés et enrobés de graisse; une autre était un simple mélange de farine de lentilles avec de la mie de pain séchée et pulvérisée; une autre encore, présentant exactement les caractères d'une farine de manioc très ordinaire, était donnée comme un puissant régénérateur ne s'altérant jamais : toutefois, « pour les personnes dépensant des

---

(1) On trouvera d'amples détails sur cette soupe dans *L'esprit des journaux français et étrangers* du mois d'octobre 1786, la *Bibliothèque physico-économique* de janvier 1787 et *La chimie alimentaire dans l'œuvre de Parmentier*, publiée en 1902.

(2) LOUIS PASSY, *L'approvisionnement de Paris et la question des subsistances sous le Consulat et l'Empire* (*Mémoires publiés par la Société nationale d'Agriculture de France*, 1896, t. 137, p. 233-344).

forces », il était recommandé d'ajouter à cette farine, matin et soir, un jaune d'œuf et du gruyère râpé.

Voici la composition de soupes moins primitives :

1. Soupe à l'oignon, en boîtes. — 2. Soupe au riz avec tomate, en boîtes (provenance italienne). — 3. Saucisson-soupe dans une enveloppe de viscose. — 4. Soupe au céleri, en tablettes, provenance des États-Unis (Saint-Louis). — 5. Soupe aux pois et aux haricots, en tablettes; provenance du Canada, 1916. — 6. Id.; même provenance, 1917 :

	1.	2.	3.	4.	5.	6.
Eau	25,00	74,67	49,50	8,58	11,72	10,74
Matières azotées	3,77	2,38	9,60	6,68	14,00	22,75
» grasses	29,92	1,92	21,70	32,31	3,18	3,72
» amylacées	7,83	18,91	16,50	42,61	59,94	51,31
Cendres	33,48 (1)	2,12	2,70	9,82 (2)	11,16	11,48
	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00

La valeur nutritive de ces soupes étant en rapport avec leur teneur si variable en eau, en azote et en graisse, on ne peut, à poids égal, les substituer les unes aux autres et encore moins aux potages condensés qui ont été définitivement introduits dans l'armée à la suite d'essais poursuivis pendant une dizaine d'années à l'usine militaire de Billancourt.

Ces potages sont uniformément préparés avec de la farine de haricots, de la graisse, des oignons frits, du poivre et du sel, en proportions fixées par le Ministre. A partir de 1915, à défaut de haricots indigènes, on a utilisé avantageusement le soja de nos colonies et, malgré les restrictions apportées sur les matières grasses, la valeur alimentaire des potages consommés par les troupes françaises n'a pas subi les dépréciations observées sur les produits similaires allemands.

---

(1) Dont chlorure de sodium : 31,76.
(2) Dont chlorure de sodium : 8,83.

Écarts extrêmes relevés sur les potages préparés en France sous le contrôle de l'Administration de la Guerre.

	Potages aux haricots.		Potages au soja.	
	Minimum.	Maximum.	Minimum.	Maximum.
Eau	2,18	9,74	4,00	7,77
Matières azotées	14,26	19,25	21,78	24,90
» grasses	14,42	33,68	30,60	32,70
» amylacées	39,74	51,16	25,85	31,68
Cendres	5,43	17,52	8,22	11,90

Analyses de potages allemands pris à Saint-Firmin, par la IIIe armée, en mai 1917.

1. Potage aux lentilles préparé à l'usine militaire de Mayence en 1912. 2. Potage aux pois, de la même usine, 1913. — 3. Potage aux haricots, Mayence 1915. — 4. Potage aux pois, usine d'Helbronn, 1916. — 5. Potage avec farine de légumineuses et sagou, Heilbronn, 1914.

	1.	2.	3.	4.	5.
Eau	11,52	10,46	13,30	12,46	19,68
Matières azotées	19,16	15,61	20,67	22,64	13,51
» grasses	20,32	20,02	16,10	7,11	10,96
» amylacées	38,14	44,41	41,53	42,75	48,35
Cendres (1)	10,86	9,50	8,40	15,04	7,50
	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00

Extraits pour potages. — Les produits présentés ont été généralement de qualité très inférieure aux extraits de bouillon préparés dans les établissements militaires.

1. Bouillon de bœuf concentré de l'usine militaire d'Orléans; en boîtes de 200g pour 30 rations (1915). — 2. Extrait pour potages, en tablettes de 10g (janvier 1916). — 3. Extrait concentré pour potages et sauces, en petits cubes de 10g (1916). — 4. Extrait de levure de bière, en flacons de 100g; une à deux cuillerées à café par assiette de potage (1917).

(1) Dont chlorure de sodium : 8,48, 6,90, 5,96, 11,35, 5,26.

	1.	2.	3.	4.
Eau	15,57	9,43	6,00	64,76
Matières azotées	29,07	2,77	4,40	11,98
» grasses	6,41	7,77	2,90	0,02
» extractives	7,23	21,73	1,80	4,04
Cendres	41,72	58,30	84,90 (1)	19,20 (2)
	100,00	100,00	100,00	100,00

ÉLECTIONS.

L'Académie procède, par la voie du scrutin, à l'élection d'un Membre de la Section de Physique, en remplacement de M. *E.-H. Amagat*, décédé.

Au premier tour de scrutin, le nombre de votants étant 50,

M. Daniel Berthelot obtient	26	suffrages
M. Marcel Brillouin »	19	»
M. Jean Perrin »	3	»
M. Aimé Cotton »	1	suffrage
M. Anatole Leduc »	1	»

M. Daniel Berthelot, ayant réuni la majorité absolue des suffrages, est proclamé élu.

Son élection sera soumise à l'approbation de M. le Président de la République.

MÉMOIRES PRÉSENTÉS.

M. E. Esclangon adresse un ensemble de 11 Notes et Mémoires où sont exposés les travaux qu'il a poursuivis à la *Commission de Gavre* pendant la guerre.

(1) Dont 80,20 de chlorure de sodium.

(2) Dont 14,87 de chlorure de sodium.

CORRESPONDANCE.

M. le **Ministre de l'Instruction publique** invite l'Académie à désigner l'un de ses Membres qui remplacera M. *Th. Schlœsing* dans la Commission technique de la *Caisse des recherches scientifiques*.

M. **Jean Effront**, élu Correspondant pour la Section d'Économie rurale, adresse des remercîments à l'Académie.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur une propriété des fonctions de variable complexe.* Note de M. **Arnaud Denjoy**, présentée par M. Painlevé.

Sur l'ensemble de leurs points singuliers, les fonctions analytiques ou du moins les nombres limites déterminés par elles, perdent le caractère de la monogénéité. Ces nombres ne sont plus que des fonctions de deux variables réelles définies sur des ensembles linéaires ou discontinus. Il est à présumer que l'étude des singularités des fonctions analytiques tirera parti de la théorie des fonctions de variables réelles, et spécialement des notions et des résultats concernant les nombres dérivés de ces dernières fonctions. Je me propose de confirmer cette opinion en démontrant le théorème ci-après.

Une fonction analytique holomorphe et bornée au voisinage et d'un côté d'une ligne rectifiable L, *possède une valeur limite unique sur tout chemin aboutissant à* L (*du côté considéré*) *sous une incidence nulle ou aiguë, sauf exception éventuelle pour des chemins aboutissant à un ensemble de longueur nulle situé sur* L.

Voici la marche de la démonstration.

Soit D un domaine où f est holomorphe et bornée et dont le contour G est simple et admet L comme arc. Nous choisissons le sens des arcs croissants sur L, de façon que D soit du côté positif (gauche) de L. La ligne simple L étant rectifiable, les coordonnées x et y d'un de ces points ont, par rapport à l'arc s, des dérivées dont la somme des carrés est 1, exception

faite éventuellement pour les points d'un ensemble e_1 de mesure nulle. En un point ζ_0 étranger à e_1, L possède une tangente unique dirigée dans le sens des arcs croissants, et le rapport de l'arc $\zeta_0\zeta$ à sa corde tend vers 1 quand ζ tend vers ζ_0 sans quitter L. Nous dirons qu'un point ζ_0 remplissant cette double condition est un point *ordinaire* de L.

Si z_0 et z sont intérieurs à D, la fonction $f_1(z) = \int_{z_0}^{z} f(z)\,dz$ est continue même sur L, où nous la désignerons par $\varphi_1(\zeta)$. Si $|f(z)| \leqq M$ dans D, $\varphi_1(\zeta)$ est une fonction de l'arc s de L, dont la variation relative $\frac{\varphi_1(\zeta') - \varphi_1(\zeta)}{\zeta' - \zeta}$ entre deux points quelconques $\zeta(s)$ et $\zeta'(s')$ est en module inférieure à M. On sait que $\varphi_1(\zeta)$ possède une dérivée par rapport à (s), sauf éventuellement aux points d'un ensemble de mesure nulle, et, sous la même réserve, $\varphi_1(\zeta)$ a une dérivée par rapport à ζ (parcourant L). Soit $\varphi(\zeta)$ cette dernière fonction.

Nous caractérisons sur L un ensemble E_0 dont le complémentaire relativement à L est de longueur nulle, et tel que, en tout point ζ_0 de E_0, les conditions suivantes sont simultanément vérifiées :

1° ζ_0 est un point ordinaire de L;

2° En ζ_0, $\varphi_1(\zeta)$ possède par rapport à ζ une dérivée $\varphi(\zeta_0)$ de module inférieur à M;

3° En ζ_0, $\varphi(\zeta)$ est approximativement continue. J'entends par là que, s étant un nombre positif quelconque, si ζ_0, ζ_1, ζ_2 correspondent aux valeurs σ_0, $\sigma_0 - \alpha$, $\sigma_0 + \alpha$ de s, la mesure de la partie de l'ensemble

$$|\varphi(\zeta) - \varphi(\zeta_0)| > s$$

située sur l'arc $\zeta_1\zeta_2$ est, avec 2α, dans un rapport (épaisseur de l'ensemble entre ζ_1 et ζ_2) qui tend vers 0 en même temps que α, s étant laissé fixe quand α varie.

Je dis que $f(z)$ tend vers $\varphi(\zeta_0)$ si z tend vers ζ_0 par un chemin intérieur à D et aboutissant sur L en ζ_0 sous une incidence nulle ou aiguë (le chemin est contenu dans un angle inférieur à π, de sommet ζ_0 et bissecté par la normale à L).

En effet, on a

$$\frac{1}{2i\pi}\int_G \frac{f_1(z)}{(z-x)^2}\,dz = f(x) \quad \text{(ou 0)},$$

selon que x est intérieur ou extérieur à D. G se décompose en L et en un

autre arc γ régulier, sur lequel f est holomorphe. Donc

$$\frac{1}{2i\pi}\int_{\gamma}\frac{f(z)}{z-x}dz+\frac{1}{2i\pi}\int_{L}\frac{\varphi(\zeta)}{\zeta-x}d\zeta=f(x) \text{ dans D} \quad (\text{o hors de D}).$$

Pour montrer la propriété en vue, il nous suffit donc d'établir le théorème suivant :

L *étant une ligne rectifiable simple, et* $\varphi(\zeta)$ *une fonction bornée sur* L *et approximativement continue au point ordinaire* ζ_0 *de* L, *si*

$$\psi(x)=\frac{1}{2i\pi}\int_{L}\frac{\varphi(\zeta)}{\zeta-x}d\zeta,$$

la différence $\psi(x')-\psi(x)$ *tend vers* $\varphi(\zeta_0)$, *si* $x+x'=2\zeta_0$ *et si* x *tend vers* ζ_0 *du côté positif (gauche) de* L, *suivant un chemin d'incidence nulle ou aiguë.*

Voici une conséquence du théorème énoncé :

Si une fonction analytique uniforme $f(z)$, *bornée dans un domaine, y possède un ensemble singulier* E, *parfait discontinu, de longueur positive finie, et situé sur une ligne rectifiable (de longueur finie)* L, *en tous les points* ζ *de* E, *sauf en l'exception éventuelle de points, formant sur* E *un ensemble de longueur nulle, la fonction admet pour tout chemin d'incidence nulle ou aiguë aboutissant en* ζ *deux valeurs limites* $f_1(\zeta)$, $f_2(\zeta)$ *relatives l'une au côté positif, l'autre au côté négatif de* L, *et la différence*

$$f(z)-\frac{1}{2i\pi}\int_{E}\frac{f_2(\zeta)-f_1(\zeta)}{\zeta-x}d\zeta$$

est régulière dans D, *le sens de parcours de* ζ *sur* E *étant celui de* L.

J'ai donné aux *Comptes rendus* (août 1909) un exemple particulièrement simple de fonction $f(z)$ relative à un ensemble E rectiligne.

Enfin, le théorème principal vaut pour une *fonction harmonique* $P(x, y)$, comme on le voit en l'appliquant à $e^{h(z)}$, si $h(z)$ est une fonction analytique admettant P pour partie réelle.

BALISTIQUE. — *Sur les formules représentatives des trajectoires.* Note de M. **Risser**, présentée par M. le général Bourgeois.

La résolution du problème du site, et en particulier celle du problème du tir en montagne, peut être abordée à condition de pouvoir tracer les trajectoires avec précision.

La comparaison pour les parties basses de trajectoires des ordonnées y_G et y_a, déduites respectivement de la formule

$$(1) \qquad y_G = x \operatorname{tang}\varphi\left(1 - q_1 \frac{x}{P}\right), \qquad \text{où} \qquad q_1 = L_1 + M_1 \frac{x}{P} + N_1 \left(\frac{x}{P}\right)^2$$

(voir méthode des vitesses fictives de M. l'ingénieur principal Sugot), et d'un calcul par arcs successifs, nous a incité à rechercher une forme différente de (1).

On peut écrire

$$y_a = y_G + \frac{P - x}{P} R,$$

R étant une fonction de x et P (portée); on en déduit

$$R_P = P(\operatorname{tang}\omega_a - \operatorname{tang}\omega_e),$$

$\operatorname{tang}\omega_e$ étant calculée en partant de l'équation de la trajectoire et $\operatorname{tang}\omega_a$ étant la valeur fournie par le calcul par arcs.

On a été conduit pour la compensation de la trajectoire $10^6 c = 200$, $\varphi = 55^\circ$, $V_0 = 800^m$, à prendre

$$(2) \qquad y_1 = y_G + \frac{P - x}{P} (R_P)^{\frac{x}{P}}.$$

On pourrait également définir la trajectoire approchée au moyen de l'équation

$$(3) \qquad y_2 = y_G + \frac{(x - X_s)(P - x)}{P} R_2(x),$$

où X_s est l'abscisse du sommet.

L'étude du tir en montagne montre qu'il y a lieu de s'attacher à des formes de trajectoires différentes de celles de Piton-Bressant et Duchêne; elle conduit à la détermination d'une valeur suffisamment approchée de

l'abscisse X_0 de l'asymptote verticale, et à l'introduction de ce nouvel élément, ce qui n'avait point été fait jusqu'alors.

Si l'on désigne par Y_i l'ordonnée de l'hyperbole de compensation $\frac{\mu X_i}{X_i - n}$, et celle y_i du point de même abscisse de la trajectoire par arcs, on a cherché tout d'abord à déterminer les paramètres μ et n, en rendant minimum $\Sigma(y_i - Y_i)^2$.

On a ensuite substitué à cette méthode celle qui consistait à rendre minimum

$$\Sigma y_i\, dl^2, \qquad \text{ou} \qquad dl = (x_i - X)\sin\theta_i;$$

elle donne naissance aux équations

$$(4) \qquad \mu \sum \frac{x_i^4}{y_i}\sin^2\theta_i + n\sum x_i^3 \sin^2\theta_i = \sum x_i^4 \sin^2\theta_i,$$

$$(5) \qquad \mu\Sigma x_i^3 \sin^2\theta_i + n\Sigma x_i^2 y_i \sin^2\theta_i = \Sigma x_i^3 y_i \sin^2\theta_i.$$

On a ainsi déterminé μ et n pour les trajectoires $10^6 c = 200$, $V_0 = 800^m$, $\varphi = 15^\circ, 20^\circ, 25^\circ, 35^\circ, 45^\circ$ et 55°.

On conçoit de suite que l'on puisse établir des tableaux donnant n, et par suite $X_0 = n + P$, pour $\varphi = n_1 \times 5^\circ$, $V_0 = n_2 \times 100$ et $10^6 c = n_3 \times 100$.

Équation de la trajectoire. — On peut la représenter par

$$(6) \qquad y = x \operatorname{tang}\varphi - \frac{gx^2}{2V_0^2\cos^2\varphi}(1 + \alpha_1 m + \beta_1 m^2 + \gamma_1 m^3),$$

avec

$$\alpha_1 = \frac{\alpha}{\cos\varphi}, \qquad \beta_1 = \frac{\beta}{\cos^2\varphi}, \qquad \gamma_1 = \frac{\gamma}{\cos^3\varphi} \qquad \text{et} \qquad m = \frac{\frac{x}{P}}{\sqrt[k]{\frac{X_0 - x}{P}}};$$

les paramètres α_1, β_1, γ_1 et k sont déterminés par les conditions

$$Y_s = f(X_s), \qquad Y_P = 0, \qquad Y'_{(P,0)} = -\operatorname{tang}\omega \qquad \text{et} \qquad \left[\frac{-g(1 + y'^2)}{y''}\right]_{(P,0)} = V_\omega^2.$$

On se donne, *a priori*, k et l'on calcule α_1, β_1, γ_1, au moyen des trois premières équations de condition qui sont linéaires en α_1, β_1, γ_1; si la valeur de k a été bien choisie, la dernière équation de condition se trouve réalisée. En réalité, on est amené à opérer par approximations successives, et, par

suite, à établir un dictionnaire balistique donnant pour les valeurs de φ, V_0 et c, ci-dessus désignées, non seulement X_0, mais α_1, β_1, γ_1 et k.

Exemple :

$$\varphi = 35^\circ, \quad 10^6 c = 200, \quad V_0 = 800^m, \quad X_s = 12481^m, \quad Y_s = 5338^m,$$
$$X_0 = 30622^m, \quad P = 22120^m, \quad \omega = 51^\circ 51', \quad V_\omega = 345^m,9;$$
$$\alpha_1 = 1,78109, \quad \beta_1 = -0,61853, \quad \gamma_1 = 0,094282, \quad V_{\omega,e} = 346^m.$$

Le Tableau ci-dessous donne les valeurs de $(x, y, \theta \text{ et } V)_e$, correspondant aux points d'inclinaison

$$31^\circ, \quad 24^\circ, \quad 14^\circ, \quad 0, \quad -20^\circ, \quad -35^\circ, \quad -44^\circ, \quad -51^\circ 51', \quad -55^\circ. \quad -60^\circ$$

de la trajectoire par arcs.

x (m.)..	3343	6656	9575	12481	16000	18711	20482	22120	22792	23859
y_a (m.).	2187	3938	4964	5338	4717	3289	1822	0	—903	—2577
y_2 (m.).	2185	3922	4944	5338	4747	3313	1829	0	—906	—261[illegible]
θ_a	31°	24°	14°	0°	—20°	—35°	—44°	—51°51′	—55°	—60°
θ_2......	30°53′	23°48′	14°7′	0°34′	—19°49′	—35°19′	—44°13′	—51°51′	—55°5′	—5[illegible]′
V_a (m.).	596,5	452,7	367,8	322,7	312,8	326,5	338,5	345,9	347,2	345,7
V_2 (m.).	586,6	456,0	376,1	325,1	306,5	324,8	343,7	346,0	335,1	302,[illegible]

L'étude du problème envisagé conduit, en définitive, à chercher deux formes : la première, du type parabolique, qui serait destinée à représenter un arc comprenant le sommet et partant de l'origine; la deuxième, qui comprendrait l'autre partie de la branche descendante, serait du type hyperbolique étudié ci-dessus. C'est dans cette voie que je me propose d'entreprendre des essais nouveaux.

ÉLASTICITÉ. — *Valeurs maxima de la tension près de la face inférieure d'une plaque carrée supportant une charge unique concentrée en son centre.* Note de M. **Mesnager**, présentée par M. G. Kœnigs.

Navier a établi les formules de la plaque rectangulaire chargée en un point dans l'hypothèse de la *conservation des normales*. On sait que cette hypothèse simplificatrice n'est conforme à la réalité que dans le cas de la plaque infiniment mince. Les tensions sous le point chargé sont alors

infinies. De Saint-Venant l'avait remarqué et avait dit à ce sujet [1] :

« Ce résultat n'a rien d'absurde ni de paradoxal si l'on fait attention que lorsqu'un poids de grandeur finie se trouve réparti, comme on l'a supposé, sur une portion de rectangle de dimensions extrêmement petites d'une plaque, les coupes verticales de son feuillet moyen doivent, à l'endroit où elles traversent le contour de cette partie, être *anguleuses* et par conséquent avoir des *courbures infinies.* »

J'ai donné précédemment, sans hypothèse restrictive, les formules de la plaque rectangulaire d'épaisseur quelconque articulée sur son contour [2]. Les calculs des valeurs numériques de la plus grande tension ont été assez longs. Je vais faire connaître ci-dessous les premiers résultats obtenus, ils sont relatifs à la plaque carrée. On peut écrire, en appelant N la plus grande tension qui se produit près de la face inférieure (égale sur tous les plans verticaux passant par la direction de la charge P), α un coefficient à déterminer, $2c$ l'épaisseur de la plaque, η le coefficient de Poisson :

$$N = \alpha \frac{P}{(2c)^2}(1+\eta).$$

M. Rogoff, qui a bien voulu me prêter son aide pour le calcul de ces valeurs numériques et a imaginé des procédés ingénieux pour simplifier ce travail et arriver à des formules pratiques, a trouvé pour α les valeurs suivantes, $\rho = \frac{c}{a}$ étant le rapport de l'épaisseur à la portée.

Pour :

$\rho = 0$	$\alpha = \infty$
0,05	1,941
0,1	1,631
0,2	1,300
0,4	0,976
0,6	0,775
1,0	0,433
2,0	0,040
∞	0

On remarquera que, pour des plaques semblables (ρ = const.), la résis-

(1) Traduction de *L'Élasticité* de CLEBSCH. Dunod, 1883, p. 897.

(2) *Comptes rendus*, t. 164, 1917, p. 721.

tance à la flexion sous la charge concentrée croît comme le carré de l'épaisseur ou comme le carré du rapport de similitude. C'est ce que la formule élémentaire indique aussi pour des poutres rectangulaires dont le rapport de la largeur à la portée est constant, et qui supportent une charge placée dans la section droite à égale distance des extrémités; mais dans le cas de la poutre, la formule élémentaire n'exige pas de rapport fixe entre la hauteur et la portée de la poutre. Toutefois les formules rigoureuses l'exigent, comme pour la plaque, et la résistance à la flexion croît comme le carré du rapport de similitude. C'est la loi générale d'élasticité : des corps semblables, supportant des efforts semblablement disposés, subissent des tensions proportionnelles à l'inverse du carré du rapport de similitude; des corps semblables, supportant sur des surfaces homologues des pressions égales, subissent les mêmes tensions.

Dans la pratique des constructions, on n'a besoin des valeurs de N que pour $\rho \leqq 0,2$, la formule approximative suivante les fournit avec une erreur relative toujours inférieure à 0,02 (et même jusqu'à $\rho = 0,5$ avec une erreur relative $< 0,05$) :

$$N = (0,53 + 1,1 \log. \text{vulg.} \rho^{-1}) P (2c)^{-2} (1 + \eta).$$

On retrouve le logarithme qui devient infini pour $\rho = 0$, comme dans les plaques circulaires. Pour $\rho \geqq 1$, on a, avec une erreur relative inférieure à 0,01,

$$N = 35,44 \rho^3 e^{-4,43\rho} P (2c)^{-2} (1 + \eta),$$

$e = 2,7183$, base des logarithmes népériens.

Il est intéressant de rapprocher ces résultats de ceux qui étaient admis jusqu'à ce jour. Le quotient de la charge par le carré de l'épaisseur n'étant pas dans un rapport fixe avec la plus grande tension, il n'y a pas, comme on l'avait cru, de rapport fixe, entre la charge uniformément répartie et la charge concentrée, capables de rompre une plaque.

En limitant la série de Navier au premier terme, on avait trouvé « qu'on peut charger une plaque rectangulaire, posée tout autour, quel que soit le rapport de ses deux dimensions a, b, environ *deux fois et demie plus*, lorsque la charge est uniformément répartie sur toute la surface que lorsqu'elle est concentrée au milieu [1] ». J'ai montré que ce rapport peut varier de zéro à l'infini.

---

(1) Ouvrage déjà cité, p. 752.

Considère, rapporteur de la Commission du Ciment armé, ayant à fournir aux ingénieurs un procédé de calcul des plaques rectangulaires, a indiqué une règle empirique qui a été reproduite dans la circulaire ministérielle du 20 octobre 1906 : *Remarques au sujet du calcul des hourdis*. Elle fournit le résultat suivant pour la plaque carrée, dans le cas de $\eta = 0$ (ce coefficient est toujours très petit dans les plaques en béton armé) :

$$N = \frac{P}{(2c)^2} \frac{1 - 0,5\rho}{1 + 3\rho} \frac{3}{2}.$$

Pour les valeurs usuelles de ρ (voisines de 0,1 et 0,05), cette tension est 0,69 à 0,65 de la tension réelle. Il est remarquable que Considère ait obtenu cette approximation par les raisonnements très simples qu'il avait exposés à la Commission.

Si l'on calcule, par la formule élémentaire usuelle, la tension la plus grande subie par une plaque carrée appuyée seulement par deux côtés opposés et supportant une charge P uniformément répartie sur la droite à égale distance de ces deux côtés, dans le cas de $\eta = 0$, on obtient

$$N = \frac{Mv}{I} = \frac{P}{(2c)^2} \frac{3}{2} = P(2c)^{-2} \times 1,5.$$

La tension est égale à celle de la plaque chargée au centre, dans le cas où $\rho = 0,12$ environ. C'est un moyen simple d'obtenir, par une méthode élémentaire facile à retenir, une valeur approchée.

MÉCANIQUE. — *Sur la force gyroscopique des fluides.* Note [1] de M. E. **Faure**, présentée par M. Rateau.

Si, à l'encontre des autres forces d'inertie, la force gyroscopique est restée jusqu'ici peu utilisée, c'est parce que les théories actuelles ne donnent qu'une faible idée du caractère mécanique de cette force.

La méthode que nous allons exposer est une sorte d'illustration des effets gyroscopiques dans le but de les rendre plus accessibles à l'imagination. Elle montre que l'action de ces forces sur les fluides est une reproduction matérielle des phénomènes électromagnétiques, et que la théorie des

---

[1] Séance du 17 février 1919.

machines gyroscopiques est la répétition de celle des machines électriques.

Un système de canaux contenant un fluide tourne autour d'un axe, lui-même entraîné dans une rotation autour d'un autre axe non parallèle au premier.

Ce double mouvement agit :

1° Sur le fluide, pour modifier son mouvement et produire une pression;

2° Sur les parois des canaux, par des forces susceptibles d'être équilibrées, avec production de travail extérieur.

La force centrifuge composée d'un point de masse m est perpendiculaire à ses deux vecteurs : vitesse relative V et vitesse angulaire H_1 d'entraînement. Sa valeur est donnée par

$$f = 2m\text{V}\text{H}_1 \sin\omega,$$

ω étant l'angle de ces deux vecteurs.

Rien n'est changé si l'on substitue au point m un élément de tube infiniment fin, de longueur ds, sans vitesse relative, mais contenant une masse m de fluide circulant à la vitesse V dans le tube. Faisant $m = \text{K}\,ds$, la formule précédente s'écrit :

$$f = 2\text{K}\,ds\,\text{H}_1\text{V}\sin\omega.$$

Cette expression s'étend à un élément de tube de section quelconque, en le décomposant en une infinité d'éléments parallèles à son axe et de sections infiniment petites. La force gyroscopique résultante est :

$$\text{F}_1 = \Sigma f = 2\text{C}\,ds\,\text{H}_1\text{V}\sin\omega.$$

C, masse contenue dans l'unité de tube, est fonction du poids spécifique D du fluide et de la section du tube,

$$\text{C} = \frac{\text{DS}}{g}.$$

Le produit gCV est le débit en poids i_1 du fluide. On peut donc écrire

$$(1) \qquad \text{F}_1 = \frac{2}{g}\text{H}_1 i_1\,ds\sin\omega.$$

Sous cette forme, l'expression de la force gyroscopique est analogue à celle de l'action d'un champ magnétique sur un élément de courant. Cette

action est, en effet, perpendiculaire au plan de l'élément et de la ligne de force qui le traverse, et sa valeur est

$$F = KHi\,ds\sin\omega.$$

La similitude de cette formule avec (1) apparaît complète si l'on assimile le débit i_1 à l'intensité i, la vitesse angulaire H_1 au champ magnétique H, et la constante $\frac{2}{g}$ à la constante K. Le sens de la force F_1 se détermine comme celui de F par la règle des trois doigts.

Cette analogie est vraie quel que soit le fluide, la formule (1) ne dépendant que du débit en poids.

Tout se passe comme si le mouvement de rotation H_1 n'existait pas, en supposant le rotor plongé dans un champ de force uniforme d'intensité H_1, abstraction faite des forces centrifuges ordinaires.

Réciproquement, et dans le seul cas où le fluide est incompressible, l'action du champ sur ce fluide est analogue à celle du champ magnétique sur l'électricité d'un fil conducteur.

En effet, donnons à l'élément de tube un mouvement dans le champ, il en résulte une force gyroscopique perpendiculaire au champ et au mouvement. La projection de cette force sur l'axe de l'élément de tube représente précisément l'action du champ H_1 sur le fluide. La grandeur de cette action est

$$(2) \qquad dA = 2CH_1\frac{ds}{dt} = 2C\frac{d\varphi}{dt},$$

où ds est la projection, sur un plan perpendiculaire au champ, de la surface engendrée par l'élément dans le temps dt, et $d\varphi = H_1\,ds$ est la mesure du flux de force coupé.

En divisant par S, on a la variation de pression

$$(3) \qquad dp = \frac{2C}{S}\frac{d\varphi}{dt} = \frac{2D}{g}\frac{d\varphi}{dt}.$$

Si le fluide est incompressible : 1° D est constant et la formule précédente se rattache à celle de l'électricité en assimilant la pression à une force électromotrice ; 2° les quantités dp s'ajoutent le long du tube et leur somme est

$$\Delta p = \frac{2D}{g}\frac{d\Phi}{dt},$$

$d\Phi$ étant la somme algébrique des flux de force coupés par le tube dans le temps dt.

Cette action gyroscopique est exprimée en hauteur d'eau par

$$\Delta e_1 = \frac{2d}{g}\frac{d\Phi}{dt},$$

en appelant d le poids spécifique relatif du liquide.

Travail. — Revenons à l'équation (2), on peut écrire

$$d\text{A}\,\text{V}\,dt = 2\text{C}\,\text{V}\,d\varphi = 2\frac{i_1}{g}\,d\varphi.$$

$d\text{A}\,\text{V}\,dt$ est, en valeur absolue, le travail extérieur élémentaire produit par le fluide dans le temps dt.

Le travail total sera

$$d\text{T}_e = \frac{2i_1}{g}\,d\Phi,$$

expression ne dépendant que du débit en poids.

Si l'on appelle Φ_A et Φ_B les flux traversant une spire déterminée au commencement et à la fin du mouvement, le travail extérieur produit sera, avec les mêmes conventions de signes qu'en Electricité,

$$\text{T}_e = \frac{2}{g}\,i_1(\Phi_\text{A} - \Phi_\text{B}).$$

Le travail extérieur s'exprime donc par la variation du potentiel $i_1\Phi$; il est indépendant de la nature du fluide.

ASTROPHYSIQUE. — *Température centrale du Soleil.* Note [1] de M. **Alexandre Véronnet**, présentée par M. Puiseux.

Si l'on applique à une masse comme le Soleil la loi des gaz réels, en supposant la température uniforme dans toute la masse, on obtient une délimitation nette et brusque entre l'atmosphère et le noyau, et sur cette surface de séparation, la densité est égale au tiers de la densité limite du gaz [2].

---

(1) Séance du 17 février 1919.

(2) *Comptes rendus*, t. 165, 1917, p. 1035 et t. 167, 1918, p. 722; *Constitution physique du Soleil* (*Bulletin astronomique*, avril, mai, juin 1918).

On peut conserver la même atmosphère, exerçant la même pression, avec la même température, à la surface du noyau, mais en admettant que cette température croît ensuite jusqu'au centre, de façon à y maintenir la densité uniforme et égale à celle de la surface du noyau. La température ainsi réalisée au centre, et sur chaque couche, est la *température maximum* compatible avec l'équilibre physique. En effet, si l'on avait une température un peu supérieure sur une couche élémentaire quelconque, la densité y serait plus petite que sur les couches situées au-dessus. Il y aurait rupture de l'équilibre et la couche tout entière remonterait vers la surface. Elle remonterait même jusqu'à la surface, avec une vitesse accélérée, parce que sa température serait de plus en plus supérieure à celle des couches traversées, malgré l'abaissement dû à la détente.

Appelons p_1 et p_0 les pressions à la surface et au centre du noyau homogène de densité ρ, de rayon r_1. On a

$$(1) \qquad p_0 - p_1 = \frac{1}{2} f \frac{M}{r_1} \rho \qquad \text{et} \qquad p\left(1 - \frac{\rho}{\rho_0}\right) = \frac{RT}{\mu} \rho$$

pour la formule des gaz réels, qui donne les valeurs de p_0 et de p_1 en fonction de T et de ρ_0. Appliquons à la densité limite du gaz ρ_0 la formule de la dilatation cubique [1]

$$(2) \qquad \frac{\rho_{00}}{\rho_{01}} = \frac{1 + \varepsilon_1 T_1}{1 + \varepsilon_0 T_0}.$$

Les indices 1 sont relatifs à la surface et 0 au centre. On obtient la for-

---

[1] La densité limite du gaz est nécessairement fonction de la température. En effet, d'après la densité liquide et les expériences à haute pression, la densité limite de l'hydrogène est environ 0,1 et celle de l'oxygène 1,5. Elle est environ le dixième des poids atomiques 1 et 16 et leur est proportionnel. Il en est de même pour un grand nombre de corps formant série : Zn, 65 et 6,9; Ag, 108 et 10,5; Au, 197 et 19,5. Si la densité limite ne diminuait pas avec la température, le Soleil de densité 1,41 ne pourrait être formé que de corps ayant en moyenne la densité de l'oxygène. De plus, en le supposant refroidi à zéro, il conserverait la même densité 1,41 égale à la densité limite ρ_0. Ce qui ne peut pas être. En lui attribuant actuellement une dilatation de huit fois le volume qu'il aurait à zéro, c'est-à-dire une densité limite de 11,3 qui correspondrait à un poids atomique de 110, voisin de celui de l'argent, le poids moléculaire moyen μ devient égal à 220.

mule générale

$$(3)\qquad \frac{2u_1}{\alpha_1 u_1 + 2}\frac{T_0}{T_1} + (1 - u_1)\frac{1 + \varepsilon_0 T_0}{1 + \varepsilon_1 T_1} = 1;$$

α_1 est le paramètre caractéristique de l'astre

$$\alpha_1 = f\frac{M}{r_1}\frac{\mu}{RT_1} \qquad \text{et} \qquad u_1 = 1 - \frac{\rho}{\rho_{01}} = \frac{2}{3},$$

puisque la densité ρ est égale au tiers de la densité limite du gaz ρ_{01} à la surface du noyau. Or α_1 est très grand pour le Soleil. Sa valeur probable est 850000. Le premier terme de (3) est certainement négligeable et il vient

$$(4)\qquad \frac{1 + \varepsilon_0 T_0}{1 + \varepsilon_1 T_1} = 3.$$

Cela revient d'ailleurs à faire $\rho = \rho_{00} = 1$ dans (2), c'est-à-dire que la densité centrale est égale à la densité limite du gaz en ce point, quelle que soit la loi de dilatation.

Le coefficient de dilatation cubique moyen est de l'ordre 10^{-5} pour les solides (limite inférieure). Il est égal à 0,00366 pour les gaz (limite supérieure). On peut l'évaluer à 0,001 environ pour le Soleil [1]. Ces valeurs sont bien représentées par la formule

$$\varepsilon = \frac{T_1 + 145,3\,T}{100\,T_1 + 46,3\,T}\varepsilon_1.$$

Si l'on fait ici $T = T_0$ et qu'on porte cette valeur ε_0 dans (2) on obtiendra comme *valeur probable* du maximum de la température centrale du Soleil : 12600° ou $T_0 = 2,11\,T_1$ [2], le double de la température superficielle.

---

[1] *Bulletin astronomique*, avril 1918.

[2] Si l'on regardait le coefficient de dilatation ε comme constant au delà de T_1, c'est-à-dire $\varepsilon_0 = \varepsilon_1$ avec $\varepsilon_1 T_1 = 7$, on obtiendrait $T_0 = 3,29\,T_1$ soit 19700°. Si au contraire on admet que le coefficient a atteint la valeur de celui des gaz 1 : 273 on aura $T_0 = 10100°$. La valeur probable est plus voisine de ce dernier chiffre.

Pour de hautes températures, 1 deviendrait négligeable devant εT dans (4), de plus, ε_0 et ε_1 auraient atteint la valeur limite du coefficient des gaz et l'on aurait le *maximum absolu* $T_0 = 3\,T_1$. *La température centrale d'un astre condensé reste inférieure au triple de la température superficielle du noyau.*

La surface du noyau se trouve un peu au-dessous de la surface visible du Soleil, de 30^{km} à 50^{km} (1). En admettant l'équilibre adiabatique pour l'atmosphère, l'accroissement de température y serait de 1° par 50^{m}, soit ici de 1000°. La température probable à la surface du noyau serait de 7000° et la température maximum correspondante au centre serait de 15000°. En admettant 8000° à la surface du noyau, le maximum serait de 17000° au centre. C'est la température centrale maximum correspondant à l'hypothèse d'une densité uniforme pour le noyau. En étudiant les conditions de l'équilibre intérieur probable, on verra que cette température ne doit pas dépasser 10000°.

On peut dire que les conditions physiques de l'équilibre du Soleil et des étoiles sont des *conditions normales*, qui ne dépassent pas les limites d'extrapolation permises, comme première approximation, par ce que nous connaissons sur l'équilibre des gaz réels. Elles permettent donc de prolonger jusqu'à un certain point ces conditions dans le passé et dans l'avenir pour étudier l'évolution du Soleil et des étoiles (2). La formule des gaz parfaits exigeait des millions de degrés pour l'équilibre. C'était rendre illusoire toute application des lois physiques connues à l'étude de l'état actuel des astres et surtout de leur évolution.

CHIMIE MINÉRALE. — *Le cycle d'oxydation du bioxyde d'azote en présence d'eau.* Note (3) de M. ANDRÉ SANFOURCHE, présentée par M. H. Le Chatelier.

La réaction généralement admise comme ayant lieu entre le peroxyde d'azote et l'eau peut s'écrire :

$$3\,N^2O^4 + 2\,H^2O = 4\,NO^3H + 2\,NO.$$

L'étude de la vitesse d'oxydation du bioxyde d'azote, qui a fait l'objet d'une récente Note, nous a amené à penser que l'anhydride azoteux pouvait jouer un rôle dans cette réaction. Le présent travail a eu pour but la vérification de cette hypothèse; il a consisté à mettre en contact intime, d'une part, des vapeurs de peroxyde d'azote mêlées d'un excès d'air; d'autre part,

(1) *Comptes rendus*, t. 167, 1918, p. 722.
(2) *Comptes rendus*, t. 166, 1917, p. 642 et 812.
(3) Séance du 17 février 1919.

de l'eau ou de l'acide nitrique plus ou moins dilué. Le dispositif expérimental était constitué par l'appareil décrit dans la Note précitée.

L'ensemble du système était maintenu vers 50°, pour éviter que les produits de la réaction ne restent dissous dans l'eau ou l'acide nitrique.

Action sur l'eau ou l'acide nitrique faible. — Des vapeurs nitreuses sont formées dans l'appareil en mettant en présence du bioxyde d'azote et de l'air en grand excès (proportions $NO + O^2$), avec une durée de contact suffisante pour que 95 pour 100 du bioxyde soit transformé en peroxyde.

I.	N^3O^3 (calculé en NO).............	91,8 pour 100
	N^2O^4 »	8,2 »

Après contact avec l'acide nitrique à 10° B.

(D = 1,075; NO^3H = 13 pour 100) :

II.	N^2O^3 (calculé en NO).............	93,3 pour 100
	N^2O^4 »	6,7 »

Après contact avec l'acide nitrique à 15° B.

(D = 1,110; NO^3H = 19 pour 100) :

III.	N^2O^3 (calculé en NO).............	93,5 pour 100
	N^2O^4 »	6,5 »

Après contact avec l'acide nitrique à 23°,4 B.

(D = 1,1190; NO^3H = 31 pour 100) :

IV.	N^2O^5 (calculé en NO).............	93,8 pour 100
	N^2O^4 »	6,2 »

Après contact avec l'acide nitrique à 30° B.

(D = 1,265; NO^3H = 42 pour 100) :

V.	N^2O^3 (calculé en NO).............	94,3 pour 100
	N^2O^4 »	5,7 »

Après contact avec l'acide nitrique à 33°,5 B.

(D = 1,300; NO^3H = 47,5 pour 100) :

VI.	N^2O^3 (calculé en NO).............	69,2 pour 100
	N^2O^4 »	30,8 »

Dans les cinq premières expériences, si l'on fait abstraction de la petite quantité de peroxyde reformée dans le tube sécheur, tout celui qui existait d'abord est rétrogradé à l'état d'anhydride azoteux. La suite de l'oxydation, qui amènerait au peroxyde d'azote, est beaucoup plus lente, si bien que la réaction $N^2O^3 + H^2O \rightarrow$, qui s'accomplit en moins de 2 secondes (Arthur A. Noyes), a lieu avant la réaction $N^2O^3 + O \rightarrow$. Et comme on est toujours en présence d'un excès d'eau, celle-ci ne peut jamais s'effectuer. On a en définitive

$$3N^2O^3 + H^2O = 2NO^3H + 4NO.$$

Le bioxyde d'azote ainsi produit s'oxyde immédiatement de nouveau en N^2O^3 et le cycle recommence; on voit qu'il entraîne la régénération périodique des $\frac{2}{3}$ du bioxyde d'azote.

Action sur l'acide nitrique concentré. — L'expérience VI donne un résultat différent de ceux des cinq premières, la proportion de peroxyde subsistant est notable; l'oxydation au-delà du stade N^2O^3 est due à l'action de l'acide nitrique, quand sa concentration dépasse 33°B. Il est d'ailleurs établi que c'est au-dessus de cette concentration qu'il oxyde le bioxyde d'azote en peroxyde, mais son action sur l'anhydride azoteux est moins connue. Aussi, nous avons effectué quelques essais à propos de l'action de l'acide nitrique sur N^2O^3 en vapeurs sans excès d'air.

Après contact avec l'acide nitrique à 40°B.

$$(D = 1,383;\ NO^3H = 62 \text{ pour } 100),$$

l'anhydride azoteux était oxydé dans les proportions suivantes :

VII.	N^2O^3 (calculé en NO).............	68,4 pour 100
	N^2O^4 »	31,6 »

Après contact avec l'acide nitrique à 48°B.

$$(D = 1,500;\ NO^3H = 94 \text{ pour } 100):$$

VIII.	N^2O^3 (calculé en NO).............	2,8 pour 100
	N^2O^4 »	97,2 »

L'oxydation de N^2O^3 est donc à peu près complète sous l'action de l'acide nitrique concentré, et elle n'est due qu'à cette action, puisqu'il n'y a pas d'oxygène en excès. On aurait par conséquent :

$$2NO^3H + N^2O^3 = 2N^2O^4 + H^2O,$$

réaction qui a été vérifiée pondéralement dans l'expérience VIII avec une approximation satisfaisante; elle est en quelque sorte l'inverse de celle bien connue qui se passe en solution étendue :

$$N^2O^4 + H^2O = NO^3H + NO^2H,$$

et qui n'est que passagère, par suite de la décomposition de NO^2H.

Conclusions. — 1° L'oxydation du bioxyde d'azote en présence d'eau a pour intermédiaire l'anhydride azoteux et non le peroxyde d'azote; il en résulte que le cycle comporte la régénération périodique de $\frac{2}{3}$ de bioxyde d'azote.

2° L'anhydride azoteux est oxydé par l'acide nitrique de concentration suffisante, avec formation de peroxyde d'azote et d'eau; cette réaction est limitée par la réaction inverse.

3° La conséquence de ces faits est qu'il doit s'établir un équilibre pour une certaine concentration en acide nitrique, que nos expériences ont montré être 50 pour 100 (avec sans doute de légères variations suivant la température). Effectivement, il est constaté dans l'industrie que la teneur de l'acide nitrique récupéré dans les colonnes ou fabriqué par le procédé des tours, oscille autour de cette teneur sans s'en éloigner beaucoup.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur les oxydihydrocinchonines α et β et leur rôle dans la production de certains isomères de la cinchonine.* Note de M. E. **Léger**, présentée par M. Moureu.

Dans une Note antérieure [1] j'ai montré que l'α-oxycinchonine de Jungfleisch et Léger était, en réalité, une oxydihydrocinchonine résultant de la fixation de H^2O sur la double liaison de la cinchonine. Il restait à rechercher si la β-oxycinchonine ne devait pas avoir la même origine. Pour répondre à cette question, j'ai reproduit avec la β-oxycinchonine, en les complétant, les expériences exécutées avec l'isomère α, c'est-à-dire que je l'ai soumise à l'action de HBr (dens. 1,51) pendant 6 heures à 110° et à celle de SO^4H^2.

Comme dans le cas de l'isomère α, la soi-disant β-oxycinchonine ne m'a

---

[1] *Comptes rendus*, t. 166, 1918, p. 903.

pas donné de dérivé hydrobromé renfermant un O en plus que la cinchonine, mais bien l'hydrobromocinchonine et l'hydrobromapocinchonine. Ces deux composés, comme dans le cas de l'isomère α, étaient accompagnés des isomères de la cinchonine : cinchonigine, cinchoniline, apocinchonine, δ-cinchonine et aussi d'une certaine quantité de soi-disant β-oxycinchonine non attaquée.

L'action de SO^4H^2 présente un intérêt particulier. J'ai opéré : 1° avec un acide à 50 pour 100, dans la proportion de 4 parties d'acide pour 1 partie de base, en chauffant 48 heures à reflux; 2° avec un acide à 70 pour 100, maintenu à 115° pendant des temps variables; 5 parties d'acide étant employées pour 1 de base. J'ai, en outre, comparé les résultats obtenus avec ceux fournis dans de nouvelles expériences exécutées, dans les mêmes conditions, avec l'isomère α. Ces deux isomères donnent les mêmes produits, seules les quantités varient; ce sont aussi les mêmes que ceux qui accompagnent les bases hydrobromées dans l'action de HBr, à l'exception de la δ-cinchonine. Une certaine quantité de soi-disant β-oxycinchonine résiste à l'action de SO^4H^2. Avec l'acide SO^4H^2 à 50 pour 100, le mélange cinchonigine-cinchoniline présente la composition suivante :

1° Avec l'α-oxydihydrocinchonine :

	I.	II.
Cinchonigine	72,82	76,70
Cinchoniline	27,18	23,30

2° Avec la β-oxydihydrocinchonine :

	I.	II.	III.
Cinchonigine	23,59	19,20	20,38
Cinchoniline	76,41	80,80	79,62

De l'examen de ces nombres, il ressort que, dans l'action de SO^4H^2 à 50 pour 100 sur la base α, c'est la cinchonigine qui prédomine, tandis qu'au contraire, avec l'isomère β, c'est la cinchoniline qui est produite en plus grande quantité. On remarquera, en outre, que les proportions relatives des deux bases sont inverses l'une de l'autre selon qu'il s'agit de l'isomère α ou de l'isomère β.

L'action de SO^4H^2, à 70 pour 100, sur ces deux derniers composés est plus rapide et plus profonde que celle de l'acide à 50 pour 100. Les produits formés sont les mêmes, mais les rendements sont augmentés.

Le mélange cinchonigine-cinchoniline avait la composition suivante :

1° Avec l'α-oxydihydrocinchonine :

	Temps.		
	5h.	10h.	24h.
Cinchonigine.......	74,49	82,10	87,64
Cinchoniline........	25,51	17,90	12,36

2° Avec la β-oxydihydrocinchonine :

	Temps.		
	5h.	10h.	24h.
Cinchonigine.......	28,88	44,76	73,55
Cinchoniline........	71,12	54,24	26,45

Si l'on compare les résultats obtenus après un chauffage de 5 heures avec ceux qui sont insérés dans le précédent Tableau, on remarque que ces résultats sont très voisins. Dans les deux cas, c'est la cinchonigine qui est fournie en quantité prédominante par l'isomère α, tandis qu'avec l'isomère β cette propriété appartient à la cinchoniline. Le temps a pour effet d'augmenter la proportion de la cinchonigine aux dépens de la cinchoniline, à tel point qu'avec l'isomère β les quantités relatives de ces deux bases sont les mêmes après 24 heures qu'après un chauffage de 5 heures de l'isomère α (2e Tableau).

De ceci, il ressort clairement que la soi-disant β-oxycinchonine doit être considérée comme un produit d'addition de H^2O à la cinchonine. En lui appliquant les considérations que nous avons développées à propos de la soi-disant α-oxycinchonine (*loc. cit.*), on conclut que la fixation de H^2O ne peut se faire que sur la double liaison du groupe $CH^2 = CH -$ de la cinchonine qui devient $CH^3 - CHOH -$.

En effet, à l'exemple de son isomère α, ce composé donne CBr^4 quand on le traite par l'hypobromite de sodium ; de plus, il ne réduit pas immédiatement la solution acide de permanganate, ce qui indique que ces deux composés ne contiennent plus la double liaison de la cinchonine.

Les oxydihydrocinchonines α et β sont des composés très voisins, dont les pouvoirs rotatoires diffèrent peu ; leur isomérie est de nature stéréochimique. Remarquons que la production d'un groupe $CH^3 - CHOH -$ a pour effet d'introduire dans la molécule de la cinchonine, un cinquième atome de carbone asymétrique. Les oxydihydrocinchonines, en supposant que rien ne soit changé à la configuration du reste de la molécule de la cinchonine dont elles dérivent, ne pourront exister que sous deux modifi-

cations isomériques contenant les groupements :

$$\begin{array}{c} H \\ | \\ CH^3 - C - CH \\ | \\ OH \\ \text{I.} \end{array} \quad \text{ou} \quad \begin{array}{c} OH \\ | \\ CH^3 - C - CH \\ | \\ H \\ \text{II.} \end{array}$$

Si nous attribuons, par hypothèse, à l'isomère α le schéma I, le schéma II devra nécessairement appartenir à l'isomère β.

Les résultats obtenus dans l'action de SO^4H^2 nous permettent de préciser le rôle de chacun des deux isomères α et β dans la production des isomères de la cinchonine. Une élimination de H^2O aux dépens de l'OH existant naturellement dans la cinchonine et de l'OH du schéma I fournira la cinchonigine. Si c'est l'OH du schéma II qui intervient, nous aurons la cinchoniline; quant à l'apocinchonine dans laquelle j'ai admis l'existence du groupement $CH^3 - CH = C$, il est facile de voir qu'elle peut être fournie indifféremment par l'une ou l'autre des oxydihydrocinchonines, ce qui a lieu en réalité.

Les formules ci-dessus laissent aussi prévoir l'existence de deux dérivés hydrohalogénés de la cinchonine isomères, selon que l'OH de l'une ou de l'autre de ces formules sera remplacé par un halogène. Or j'ai pu observer la formation de deux dérivés hydrobromés et de deux dérivés hydroiodés de la cinchonine (¹). Ces modes de formation n'excluent pas la possibilité de changements stériques concomitants.

Les faits relatés dans cette Note me paraissent fournir une explication satisfaisante de la formation des trois isomères : cinchonigine, cinchoniline et apocinchonine; c'est l'achèvement naturel de travaux qu'avec Jungfleisch nous avons eu l'honneur de soumettre à l'Académie il y a plus de trente ans.

(¹) *Comptes rendus*, t. 166, 1918, p. 76 et 469.

CRISTALLOGRAPHIE. — *Nouveaux exemples du calcul des rayons extraordinaires pour certaines structures de liquides anisotropes.* Note [1] de M. F. GRANDJEAN, présentée par M. Pierre Termier.

Dans une précédente Note [2] j'ai indiqué une méthode générale simple permettant le calcul des rayons extraordinaires, pourvu qu'on sache intégrer un système de deux équations différentielles du deuxième ordre. Cette méthode n'est qu'approchée mais paraît suffisante pour rendre compte des observations faites au microscope polarisant dans les conditions habituelles. Le calcul rend compte, en particulier, de la réfraction des rayons extraordinaires sur les lignes de discontinuité optique, c'est-à-dire du phénomène des *ombres grises*. Je désigne sous ce nom les régions moins éclairées que le reste du champ (parce qu'elles sont dépourvues de vibration extraordinaire) quand on regarde une couche du liquide au microscope, sans interposition des nicols polariseur et analyseur.

La structure rayonnée à axe rectiligne est telle qu'en chaque point l'axe optique soit la perpendiculaire abaissée de ce point sur une droite fixe XY qui est l'axe de structure. Soient P un plan normal à l'axe XY en un point O, ρ et ω les coordonnées polaires par rapport à O de la projection orthogonale m de M sur P, z la distance mM. La fonction Θ de la Note précédente s'écrit

$$\Theta = \frac{1}{V_1}\int\sqrt{\rho'^2 + N^2(\rho^2 + z'^2)}\,d\omega.$$

Le radical représente une fonction de deux fonctions inconnues ρ et z d'une variable ω, dont les rayons lumineux sont les extrémales. On écrira donc la condition d'Euler pour chacune de ces deux fonctions, ce qui donne, après intégration,

$$(1)\qquad \left\{\begin{aligned} \rho &= \frac{1}{a\cos N\omega + b\sin N\omega},\\ z &= c\,\mathrm{tang}(N\omega + \beta) + d; \end{aligned}\right.$$

a, b, c, d étant des constantes et β étant lié à a et b comme dans la structure rayonnée plane.

---

(1) Séance du 10 février 1919.

(2) *Comptes rendus*, t. 168, 1919, p. 91.

Le système (1) représente des courbes gauches dont les projections sur P sont les rayons lumineux de la structure rayonnée plane. Les résultats obtenus précédemment pour cette structure sont donc valables en projection sur le plan P. Si donc le milieu est positif et que l'on considère les rayons extraordinaires émis par un point A quelconque, ou passant en ce point, dans toutes les directions possibles, ces rayons ne pourront pénétrer dans un dièdre obscur L_1XYL_2 symétrique par rapport au plan du point A et de l'axe, et tel que les angles dièdres $AXYL_1$ et $AXYL_2$ soient égaux à $\frac{\pi}{N}$. J'appellerai ce dièdre L_1XYL_2 le dièdre opposé au demi-plan AXY. En passant à la limite on voit que tout rayon AI contenu dans le demi-plan AXY ira se réfracter sur l'axe et donner deux rayons situés sur les faces du dièdre opposé à AXY.

Un dièdre obscur pour les rayons extraordinaires, éclairé par les seuls rayons ordinaires, doit donc se former à l'opposé de la lumière incidente pourvu que le milieu soit positif. Le résultat s'applique évidemment aussi à un axe non rectiligne, de sorte que l'hypothèse de la structure rayonnée convient aux lignes de discontinuité optique à ombre grise qui se forment si facilement dans les liquides positifs du groupe de l'azoxyphénétol. Ces lignes de forme quelconque sont bordées par deux autres lignes parallèles, situées de part et d'autre, équidistantes, qui sont les bords de l'ombre. A l'intérieur de ce ruban d'ombre la lumière qui sort est polarisée suivant la section principale de plus petit indice du liquide au point de sortie.

La structure conique à axe rectiligne est telle qu'en chaque point l'axe optique soit une droite s'appuyant sur l'axe de structure et faisant avec cet axe XY un angle μ constant. En adoptant les mêmes notations que précédemment, on trouve que les rayons lumineux sont représentés par le système

$$\rho = \frac{1}{a\cos N'\omega + b\sin N'\omega},$$

$$z = \rho\left[\frac{N^2 - 1}{2N'^2}\sin 2\mu - \frac{c}{N^2(a^2+b^2)}(a\sin N'\omega - b\cos N'\omega)\right] + d,$$

en posant

$$N' = \sqrt{N^2\sin^2\mu + \cos^2\mu}.$$

Les conclusions précédentes subsistent pour un milieu positif en ce qui concerne le dièdre obscur, mais le demi-angle de ce dièdre est main-

tenant $\frac{N'-1}{N'}\pi$. Le dièdre obscur est donc moins ouvert et par conséquent l'ombre grise moins large.

Dans *la structure en groupe focal* les équations différentielles sont très complexes mais on peut encore, au moins pour le groupe droit dont l'ellipse est un cercle, en appliquant les résultats obtenus pour la structure conique, calculer la forme de l'ombre grise. Par exemple on retrouve la forme si particulière en losange à côtés courbes que donne l'observation pour le groupe couché horizontalement dont le cercle se présente suivant la tranche dans le champ du microscope.

Enfin les calculs suggèrent des hypothèses pour la structure de certaines lignes de discontinuité optique qui ne sont pas surmontées d'ombres grises, bien que le liquide soit positif. Tels sont les *fils* fins et noirs de l'azoxyphénétol qui sont une des structures spontanées les plus fréquentes dans les liquides de ce groupe. On peut imaginer, pour en rendre compte, une *structure concentrique à axe rectiligne* dans laquelle l'axe optique en un point est la normale au plan passant par ce point et par l'axe de structure. Le calcul des rayons extraordinaires donne le système (1) de la structure rayonnée dans lequel on aurait remplacé N par son inverse, de sorte que l'ombre grise n'existerait qu'en milieu négatif pour une telle structure. Ainsi l'absence de cette ombre dans les liquides du groupe de l'azoxyphénétol serait expliquée; mais la vérification ne peut évidemment pas être considérée comme suffisante. L'hypothèse faite ci-dessus pour les fils de l'azoxyphénétol n'est donc à retenir que sous réserve d'autres vérifications.

MÉTÉOROLOGIE. — *Difficultés rencontrées dans l'étude des grains par suite de l'incertitude sur l'heure des observations.* Note de M. **J. Renaud**, présentée par M. Ch. Lallemand.

L'étude des grains est une des plus importantes de la Météorologie tant au point de vue scientifique qu'en raison de ses applications en vue de la sécurité de la navigation aérienne ou maritime. On sait à quels périls sont exposés les ballons captifs, les avions ou les dirigeables surpris par ces météores. Depuis longtemps déjà, M. Durand-Gréville avait démontré la possibilité de prévenir les intéressés de l'approche d'un grain. Ce ne fut toutefois qu'en 1916 que M. le lieutenant de vaisseau Rouch, alors chef du

service météorologique aux Armées, parvint à organiser un service d'avertissement qui a donné d'excellents résultats.

L'étude rétrospective du phénomène s'appuie principalement sur l'examen des diagrammes des instruments enregistreurs installés dans les stations météorologiques. Le grain se manifeste en effet, à son passage, par un crochet vertical de quelques dixièmes de millimètre sur la courbe du baromètre, ainsi que par une chute brusque de température, une augmentation de l'humidité et une rotation rapide du vent. Connaissant l'heure exacte de ces phénomènes en diverses stations, on peut suivre la marche du grain et étudier ses éléments.

Or la principale difficulté rencontrée par le Service de la Météorologie maritime en dépouillant les observations faites en France au cours de ces dernières années a été de savoir si, dans certaines stations, les instruments enregistreurs avaient été réglés sur l'heure normale (temps moyen de Greenwich) ainsi que le prescrivent les instructions, ou sur l'heure d'été que doivent marquer les horloges publiques.

Par exemple, pour se rendre compte de la trajectoire du grain très violent qui a passé, le 10 octobre 1917, dans le Midi de la France et qui a causé la perte d'une escadrille d'hydravions au large de Perpignan, il a fallu d'abord faire état du changement de l'heure légale, qui a eu lieu, en 1917, dans la nuit du 6 au 7 octobre. Pour les instruments enregistreurs dont la feuille avait été mise en place le lundi 8 octobre, il n'y avait aucune incertitude : l'heure marquée devait être celle de Greenwich. Mais, dans certaines stations, on se sert, pendant plusieurs semaines, de la même feuille pour le baromètre ou pour l'anémomètre; la mise en place dans ce cas avait donc eu lieu avant la date du changement de l'heure. Or, aucune indication n'étant donnée, ni sur la feuille, ni sur les registres, il n'était pas possible de connaître l'heure exacte du crochet barométrique ou de la rotation du vent.

Les mêmes difficultés se sont produites dans bien des cas analogues, notamment pour l'étude du grain du 28 juin 1917, qui a ravagé une longue bande de terrain dans le Nord de la France; un certain nombre de registres d'observations ne donnent aucune indication au sujet de l'heure employée. Les observateurs interrogés ne peuvent se rappeler s'ils ont adopté l'heure d'été ou gardé l'heure normale.

De ces constatations il résulte que trop souvent les mesures prises pour fixer le mode d'indication de l'heure, pendant la période d'été, dans les stations météorologiques, ont été inefficaces. Il paraîtrait nécessaire d'adopter un système de notation de l'heure qui ne puisse donner lieu à aucune incertitude.

PALÉONTOLOGIE. — *Sur les migrations des genres* Hystrix, Lepus, Anchitherium *et* Mastodon, *à l'époque néogène.* Note de M. L. **Joleaud**, présentée par M. Émile Haug.

Les échanges des faunes terrestres néogènes entre l'Amérique du Nord, d'une part, l'Europe et l'Afrique, d'autre part, se sont effectués par une ligne de terres émergées à travers l'Atlantique central (¹). C'est par cette voie qu'a immigré dans l'Ancien Monde le genre *Hystrix*. Ce Rongeur, originaire de l'Amérique du Sud (²), n'est certainement pas passé par l'Amérique du Nord, car aucun Mammifère de La Plata n'a pénétré dans cette contrée entre le Montien et l'Astien.

La famille des Hystricidés était représentée au Miocène inférieur, en Argentine, par les genres *Aceramys* et *Steiromys*, apparentés aux types actuels de cette région. Arboricoles dans le Nouveau Monde, ces animaux sont devenus fouisseurs en Afrique, dans le Sud de l'Asie et de l'Europe, comme un autre Rongeur africain, *Xerus* (³), originaire de l'Amérique du Nord et arrivé en France au Tortonien. La migration des Porcs-épics de l'Amérique du Sud en Afrique, puis en Europe, se serait effectuée à une période géologique défavorable à la végétation arborescente, peut-être sous l'influence d'un climat steppique, comme celui de l'époque pontienne.

Lorsqu'à l'Astien, les communications devinrent faciles entre les deux Amériques, l'on vit des Carnivores, les Procyonidés, qui habitaient les États-Unis depuis le Burdigalien (*Pholaocyon leucosteus* Matthew) et y vivaient encore au Pontien (*Leptarctos primus* Leidy), gagner simultanément l'Argentine (*Cynonasua argentina* Ameghino) et l'Angleterre (*Paradilurus anglicus* Dawkins).

Ce serait aussi à l'Astien qu'aurait émigré en Europe le genre *Lepus*, dont on a trouvé les restes dans les sables de Trévoux, les limons du Roussillon et le Red Crag. Le Lièvre et le Lapin sont, d'après Osborn (⁴), tous deux originaires du Nouveau Monde, où *Lepus* est apparu dès l'Aquitanien.

Le Lapin d'Europe serait voisin de *L.* (*Sylvilagus*) *sylvaticus* Brehm, des États-

---

(¹) L. Joleaud, *Comptes rendus*, t. 168, 1919, p. 177 et 310.
(²) Depéret, *Comptes rendus*, t. 143, 1906, p. 1120.
(³) L. Joleaud, *Bull. Soc. Zool. France*, t. 43, 1918, p. 83, 19.
(⁴) *Ann. N. Y. Acad. Sc.*, vol. 13, 1900, p. 58.

Unis du Sud et de *L.* (*Tapeti*) *brésiliensis* L. de la Guyane, etc., qui vivent dans les arbres creux, mais ne se font pas eux-mêmes des terriers. Les variétés de *L.* (*Oryctogalus*) *cuniculus* L. des îles Atlantiques jalonneraient, suivant Scharff [1], la route suivie jadis par ce Rongeur. Ces variétés, remarquables par leur nanisme, présentent des caractères archaïques indéniables. Celle des îles Porto-Santo, près de Madère, est de la taille d'un très gros Rat. Celle de Ténérife, petite aussi, ne se creuse pas de terriers, mais habite les fentes des rochers. La discontinuité de l'aire de dispersion d'*Oryctogalus* témoignerait de l'ancienneté de ce sous-genre, qui serait peut-être venu d'Amérique dans le Vieux Monde avant le Lièvre, en même temps que les Porcs-épics et certains Écureuils : de terricole subarboricole, le Lapin serait devenu terricole hypogé.

Les échanges par les terres atlantiques des faunes pontiennes semblent avoir été précédés au Miocène inférieur par des migrations tout à fait comparables, comme par exemple celle d'un Équidé burdigalien d'Europe, *Anchitherium aurelianense* Cuvier.

Les Périssodactyles du Nouveau Continent les plus voisins d'*A. aurelianense* ont été récemment groupés par Osborn [2] en un genre spécial, *Kalobatippus*, localisé au sommet de l'Aquitanien. Le type de ce genre, *K. præstans* Cope, a été trouvé sur la côte du Pacifique, dans l'Orégon. Aussi a-t-on admis que la migration d'*Anchitherium*, d'Amérique en Europe, avait, comme on le croyait pour celle d'*Hipparion*, emprunté la voix asiatique. Mais récemment, Osborn a fait connaître du centre des Etats-Unis (Nebraska), un nouveau type de *Kalobatippus*, *K. agatensis*, plus évolué que *K. anceps*. Ainsi ce genre d'Équidé aurait, au cours de son développement, émigré des rives du Pacifique vers le Mississipi pendant l'Aquitanien récent. Son proche parent, *A. aurelianense*, apparaît en France, dans l'assise de base du Burdigalien, où il est représenté par une forme de faibles dimensions, *A. a. blesense* Mayet, à laquelle succèdent des types de plus grande taille. C'est seulement à l'Helvétien que *A. aurelianense* semble s'être répandu dans l'Europe centrale. Inconnu dans la série miocène de l'Inde, *Anchitherium* se retrouve en Chine, mais seulement dans le Pontien.

Ainsi *Anchitherium* a immigré de l'Orégon en Chine, du début à la fin du Miocène, en passant par le bassin du Mississipi, les terres atlantiques et l'Europe.

---

(1) *Proc. Roy. Irish Acad.*, vol. 24, sect. B, part 3, 1903, p. 279; cf. Trouessart, *Bull. Mus. H. N.*, *Paris*, 1917, p. 368.

(2) *Mem. Amer. Mus. Nat. Hist.*, new ser., vol. 2, part 1, 1918, p. 69 (f. p. 12-13). — Voir aussi *The Age of Mammals*, 1910, p. 230.

En même temps se produisait une migration en sens inverse rappelant celle des Hippotraginés et des Tragélaphinés. Un Proboscidien, *Mastodon* (*Trilophodon*) *conodon* Cook [1], comme ces Antilopes, originaire d'Afrique, arrivait en Amérique au Burdigalien. Ce Pachyderme du Nebraska est remarquable par ses dents à émail très mince, qui rappellent celles de *Palæomastodon Beadnelli* de l'Oligocène du Fayoum.

Or M. Depéret [2] a découvert dans le Burdigalien de Kabylie une « forme naine de Mastodonte (*M. pygmæus*) qui est le type le plus primitif connu jusqu'à ce jour de ce genre de Proboscidien... Par l'extrême simplicité de ses collines, par la présence d'une notable quantité de cément, cet animal forme une véritable transition entre nos Mastodontes européens du type *angustidens* et leurs ancêtres oligocènes, les *Palæomastodon* ». La longueur de la dernière molaire inférieure, qui était de 70^{mm} seulement dans ce dernier genre, atteint 87^{mm} dans *Mastodon pygmæus* du Burdigalien de Kabylie, 105^{mm} dans *Mastodon angustidens* du Burdigalien supérieur des Angles (Gard) et des sables de l'Orléanais, etc.

Les Mastodontes, qui sont originaires d'Égypte, seraient donc d'abord venus en Berbérie, puis aux États-Unis, au Burdigalien.

Les migrations des Mammifères néogènes entre l'Amérique, l'Europe et l'Afrique par les terres atlantiques se seraient succédé depuis le Burdigalien jusqu'à l'Astien, avec, semble-t-il, une interruption lors du maximum de la grande transgression miocène dans les géosynclinaux, à l'Helvétien et au début du Tortonien.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Application de la méthode biochimique à l'étude des feuilles d'*Hakea laurina. *Extraction d'un glucoside* (*arbutine*) *et de québrachite.* Note de MM. **Em. Bourquelot** et **H. Hérissey**, présentée par M. Moureu.

L'*Hakea laurina* R. Br., syn. *H. eucalyptoides* Meissn., est un arbre de la famille des Protéacées. Originaire d'Australie, il est cultivé en France, sur les côtes de la Méditerranée, comme arbre d'ornement. Les rameaux fleuris en sont, depuis plusieurs années, expédiés à Paris de décembre à février; ils sont vendus souvent sous le nom d'*Eucalyptus rouge*, sans doute à cause

(1) *Amer Journ. Sc.*, vol. 28, 1909, p. 183.

(2) Notice sur les travaux scientifiques de M. Depéret, 1913, p. 22, 33, 44.

d'une vague ressemblance des feuilles avec celles de certains Eucalyptus.

Pour faire l'examen biochimique des feuilles, on en a traité, en décembre, 100g selon les règles de la méthode appliquée aux plantes riches en matières tanniques : épuisement par l'alcool bouillant, distillation pour retirer l'alcool, *défécation presque complète par le sous-acétate de plomb*, concentration en consistance d'extrait sous pression réduite.

Cet extrait a été repris par de l'eau thymolée en quantité suffisante pour faire 100^{cm^3}. Après avoir pris la rotation de cette solution et en avoir dosé le sucre réducteur, on l'a additionnée d'invertine; puis, l'action de l'invertine étant terminée, on a ajouté de l'émulsine.

Dans le Tableau ci-dessous, on a rassemblé les rotations observées et les proportions de sucre réducteur formées durant les différentes phases de l'opération :

	Rotation du liquide $l = 2$.	Produits réducteurs exprimés en glucose — contenus dans 100^{cm^3}.	Produits réducteurs exprimés en glucose — formés pour 100g de feuilles fraîches.	Indices de réduction.
Avant l'essai	$-1°.50$	1,0998	»	»
Après action de l'invertine (4 jours)	-2.57	1,7547	0,6549 pour 67	586
Après 3 jours d'émulsine	-2.42	1,8954	0,1407 » 15	563
» 4 »	-2.29	2,0208	0,2661 » 28	570
» 13 »	-1.45	2,2114	0,4567 » 72	380

L'examen de ces chiffres conduit aux remarques suivantes : 1° les feuilles d'*Hakea* renferment du sucre de canne, ce qui est la règle pour toutes les Phanérogames; 2° elles renferment deux glucosides hydrolysables par l'émulsine, dont l'un a un indice de réduction supérieur à 570, tandis que l'indice de l'autre est inférieur à 380; 3° elles doivent renfermer un principe lévogyre non hydrolysable, la rotation étant restée assez fortement gauche après l'action de l'émulsine.

Extraction du principe lévogyre (québrachite) et de l'un des glucosides (arbutine). — Ces principes ont été obtenus en opérant sur 2500g de feuilles fraîches. On a traité ces feuilles par de l'alcool bouillant et préparé un extrait que l'on a déféqué complètement.

I. Après précipitation du plomb en excès par H^2S et filtration, on a distillé à froid sous pression réduite, puis on a traité le nouvel extrait, à sept reprises différentes, par de l'éther acétique bouillant (en tout $3^l,5$). Par le repos à la température

du laboratoire, des cristaux se sont déposés sur les parois des flacons dans lesquels on avait versé les solutions éthéro-acétiques.

On a rassemblé $1^g,15$ de ces cristaux, que l'on a purifiés en les traitant à l'ébullition par 20^{cm^3} d'alcool à 75^c additionnés d'un peu de noir animal. On a filtré chaud et abandonné à la cristallisation. Les nouveaux cristaux pesaient $0^g,86$; ils fondaient au bloc à $+190°$ en même temps que la québrachite retirée du *Grevillea robusta*. Ils ont donné comme pouvoir rotatoire $\alpha_D = -80°,6$. (Pouvoir rotatoire de la québrachite d'après Tanret : $-80°$.)

C'était donc bien de la québrachite ou méthylinosite gauche : ce qui a, d'ailleurs, été confirmé par la transformation du produit, à l'aide de HI, en inosite gauche à pouvoir rotatoire $\alpha_D = -64°,9$. (Tanret a trouvé $-65°$.)

II. Les solutions éthéro-acétiques, dont la québrachite s'était séparée, ont été évaporées en consistance d'extrait. L'extrait, épuisé par l'alcool à 95^c bouillant, a donné un liquide coloré que l'on a distillé à fond sous pression réduite. Le résidu a été repris à l'ébullition par 100^{cm^3} d'éther acétique. La solution, décantée après un repos de 24 heures, a laissé déposer peu à peu des cristaux en aiguilles ($1^g,10$) que l'on a purifiés encore par dissolution à chaud dans 10^{cm^3} d'un mélange à volumes égaux d'alcool à 95^c et d'éther acétique en présence d'une trace de charbon animal. Après filtration et refroidissement, la cristallisation a commencé; elle était terminée en deux jours. Ces nouveaux cristaux ont été recueillis, lavés avec un peu d'éther acétique, puis abandonnés à la dessiccation à l'air jusqu'à poids constant.

Ce produit n'est pas réducteur, il a donné comme pouvoir rotatoire : $\alpha_D = -60°,5$, c'est-à-dire sensiblement le pouvoir rotatoire de l'arbutine cristallisée avec une molécule d'eau.

A quelques centigrammes de cristaux placés sur un verre de montre, on a ajouté une goutte d'eau, puis une goutte de perchlorure de fer au dixième : il s'est produit une belle coloration bleue identique à celle qu'on a obtenue en opérant en même temps et de la même façon avec l'arbutine du Poirier ou du *Grevillea*.

L'essai avec l'émulsine a été fait en ajoutant, à 15^{cm^3} de solution renfermant $0^g,223$ de produit, 15^{cm^3} d'une solution d'émulsine à 1 pour 100. En 2 jours, à l'étuve à $+30°$, la rotation avait passé de $-1°48'$ à $+16'$ (la rotation due à l'émulsine étant déduite) et il s'était formé, pour 100^{cm^3}, $0^g,78$ de glucose. Soit un indice de réduction de 670, indice qui est très rapproché de celui de l'arbutine (700).

Enfin, on a agité avec de l'éther la solution dans laquelle le produit avait été hydrolysé; puis on a laissé évaporer spontanément le liquide éthéré. Le résidu cristallisé en longs prismes était de l'hydroquinone.

Ainsi, en résumé, on a retiré des feuilles de l'*Hakea laurina* de la qué-

brachite et de l'arbutine. Remarquons que déjà ces deux principes ont été trouvés ensemble dans les feuilles du *Grevillea robusta* A. Cunn., arbre appartenant aussi à la famille des Protéacées [1].

ANATOMIE. — *Remarques sur la morphologie du centre phrénique des Mammifères.* Note de M. G. PETIT, présentée par M. Edmond Perrier.

Il semble qu'on ait voulu de tout temps reconnaître au centre phrénique des Mammifères une forme bien caractérisée.

Chez l'Homme, nos auteurs, suivant en cela des descriptions d'anciens anatomistes, comparent cette portion centrale aponévrotique du diaphragme, les uns à une feuille de trèfle, les autres, plus précisément, à un as de trèfle.

Chez les Artiodiactyles et les Périssodactyles, en particulier le Bœuf, le Mouton, le Cheval et l'Ane, Le Double repoussant ces comparaisons, fait remarquer que le centre phrénique de ces animaux « ressemble plutôt au cœur d'une carte à jouer », mais il estime que « pour tous les autres Mammifères », la comparaison avec une feuille de trèfle « s'impose ».

Or, si l'on examine sans idée préconçue des centres phréniques humains sur les cadavres, si même l'on s'en tient aux figures que donnent de l'ensemble du diaphragme divers Traités d'Anatomie, si, d'autre part, on observe, au point de vue morphologique, le centre phrénique des Ongulés, qui fait, d'après Le Double, une exception, les comparaisons ci-dessus rappelées paraissent vagues, en général, difficilement retrouvables, leur justesse, en somme, très approximative.

Mais si l'on étend ses observations à d'autres Mammifères, on s'aperçoit, de quelque ordre qu'il s'agisse, que la comparaison acceptée par Le Double, souvent admise, est inexacte dans tous les cas.

Jamais en effet le centre phrénique des Édentés, Carnivores, Rongeurs, Chéiroptères, Primates, sur lesquels ont porté nos recherches personnelles, ne figurait, même de loin, le dessin d'une feuille de trèfle.

Par contre, nous avons constaté de grandes variations, à la fois dans la forme générale du centre phrénique et dans la forme particulière, la direc-

---

(1) EM. BOURQUELOT et A. FICHTENHOLZ (Mlle), *Comptes rendus*, t. 154, 1912, p. 1106, et t. 155, 1912, p. 615.

tion de ce qu'on a l'habitude de nommer les « folioles », à savoir sa partie moyenne et ses parties latérales.

L'aspect du centre phrénique diffère non seulement d'un ordre à l'autre, et dans tel ordre, d'une famille à une autre famille, mais des différences sensibles, quoique moins tranchées, apparaissent aussi jusque dans la même espèce. Ainsi, pour six Chats examinés par nous, on aurait pu donner six descriptions et six dessins particuliers du centre phrénique. De même pour trois Rats, trois Souris, deux Fouines, etc.

Il paraît donc bien difficile de se servir, pour caractériser le centre phrénique des Mammifères, de comparaisons précises. Et ces comparaisons sont bien inutiles aussi : car si l'on peut en trouver d'heureuses, elles risquent de ne valoir que pour un seul individu.

L'étude morphologique du centre phrénique des Mammifères permet une autre constatation. Elle montre, en effet, les variations de dimension que présente cette surface aponévrotique par rapport à la surface musculaire qui s'y insère et la circonscrit.

Ces variations, très grandes, s'observent, à leur tour, non seulement d'un ordre à l'autre, mais dans les familles et dans les genres du même ordre.

Ainsi, si l'on voulait dresser une classification du centre phrénique des Mammifères en créant, selon son plus ou moins grand développement par rapport à la partie musculaire environnante (toute proportion gardée, nécessairement), un certain nombre de catégories, on serait amené à placer dans chacune d'elles, et côte à côte, des genres très éloignés et très divers.

C'est là du reste un résultat qui ne doit pas surprendre, et l'étude de la myologie comparative nous donne l'occasion de renouveler fréquemment la même remarque.

Ajoutons que ces variations de surface du centre phrénique, comme les variations de forme, sont également sensibles dans la même espèce, soit qu'on s'adresse à des individus d'âges différents, soit que l'on compare entre eux des individus du même âge.

D'ailleurs, une méthode précise, dont nous ne pouvons encore présenter les résultats détaillés, nous permet de déterminer la valeur exacte, les différents degrés de ces dernières variations.

Variations de forme, variations de dimension, voilà donc deux faits caractéristiques de la morphologie du centre phrénique.

Ainsi, il ne peut plus être question de lui attribuer une forme définie, constante, des limites invariables, d'établir en somme pour le centre phrénique un type morphologique.

Nous croyons, au contraire, qu'il doit être considéré avec l'ensemble du diaphragme, étudié *in situ*.

La morphologie de cet îlot aponévrotique est déterminée par la disposition des muscles qui s'insèrent sur ses bords; ils l'échancrent, le festonnent irrégulièrement, l'étranglent, le coupent même par des faisceaux anastomotiques charnus tendus d'un côté à l'autre, disposition qui nous a paru plus fréquente qu'on ne l'a signalé jusqu'ici.

PARASITOLOGIE. — *Considérations relatives à la conception uniciste des Hématozoaires des fièvres tierces bénigne et maligne.* Note de M. **P. Armand-Delille**, présentée par M. A. Laveran.

Dans une Note précédente [1] portant sur les aspects parasitologiques du paludisme contracté en Macédoine, nous avons signalé la prédominance presque exclusive, dans le sang des malades, du *Plasmodium falciparum*, pendant la période qui s'étend d'août à octobre 1916, alors qu'au début et à la fin de l'épidémie, on n'observait plus que le *Pl. vivax*, forme qui, d'autre part, est la seule qui persiste, au bout de quelque temps, dans le sang des impaludés ramenés en France, bien que primitivement atteints de tierce maligne.

D'après les renseignements fournis par notre ami Teissonnière qui nous a succédé au laboratoire de l'Armée d'Orient, les mêmes caractères ont été constatés en 1917 et 1918, pendant la période estivo-automnale. Bien que l'épidémie ait été très atténuée, la forme *Plasmodium falciparum* s'est manifestée pour ainsi dire exclusivement pendant les mois d'août, septembre et octobre de ces deux dernières années.

Il nous avait semblé que cette alternance des parasites, et leur succession souvent observée chez le même malade, était un argument en faveur de la conception uniciste, qui a toujours été admise par M. Laveran, le savant qui a découvert le parasite du paludisme et l'a le mieux étudié.

Nous désirerions signaler, dans la présente Note, certaines hypothèses basées sur les faits ci-dessus rapportés, qui nous paraissent militer en faveur de cette conception uniciste.

Si l'on considère, en effet, que le *Pl. falciparum* disparaît en hiver, dans

---

[1] P. Armand-Delille, *Comptes rendus*, t. 165, 1917, p. 202.

les pays de paludisme endémique, et qu'il disparaît également assez vite, pour être remplacé par le *vivax*, chez les malades transportés en pays sains, on est en droit d'établir un parallélisme absolu entre la présence de la forme *falciparum* et celle de l'anophèle infectant. On pourrait par conséquent en conclure que c'est pendant la période où se font les réinoculations que le *falciparum* se montre dans le sang; c'est pourquoi le début des épidémies ne montre que du *Pl. vivax*, tandis qu'à partir du moment où les sporozoïtes sont introduits d'une manière presque continue dans le sang, les schizontes sont plus petits et les gamètes revêtent la forme de croissants, qui sont, on le sait, des formes de résistance à tous les agents et en particulier à la quinine.

On est, d'autre part, en droit de supposer que cet aspect et ces formes de résistance sont la conséquence d'une modification du milieu humoral, la réinoculation répétée de sporozoïtes favorisant la production d'anticorps qui déterminerait la production de formes de résistance du parasite.

L'existence de ces anticorps n'est pas purement hypothétique : en effet, Abrami a signalé les propriétés schizontolitiques du sérum à certaines périodes de l'infection palustre, et nous-même, dans des expériences que nous n'avons malheureusement pas poursuivies assez longtemps, avions constaté que certains sérums de paludéens donnaient une déviation du complément en présence de parasites isolés par hémolyse et centrifugation d'un sang très parasité recueilli au cours de l'accès pernicieux.

Dès que cesse l'inoculation de nouveaux sporozoïtes dans le sang, c'est-à-dire que les anophèles disparaissent pendant les mois d'hiver ou que le sujet soit soustrait complètement à leurs piqûres par transport dans une région salubre, les anticorps cessent de se produire ou s'éliminent au bout d'un certain temps, et les formes de résistance (croissants) cessent de se former.

A partir de ce moment, du fait qu'il n'y a plus d'inoculations, le parasite se perpétuera par schizogonie, et élaborera de volumineux gamètes arrondis, capables de se conserver pendant une durée plus longue, pour atteindre la prochaine saison d'éclosion d'hôtes intermédiaires.

Cette interprétation est légitimée également par le fait que la schizogonie régressive paraît incontestable dans les gamètes de la forme *vivax*, tandis qu'elle n'est pas démontrée et reste hypothétique dans les croissants de *falciparum*.

Nous reconnaissons qu'il reste à interpréter l'aspect des petites rosaces d'ailleurs très rares, qu'on rencontre dans la forme estivo-automnale;

peut-être s'agit-il d'une forme abortive de schizogonie, troublée par l'existence des anticorps dont nous avons admis l'existence.

Nous n'avons pas du reste la prétention de résoudre tous les problèmes que pose la morphologie des parasites du paludisme, nous avons voulu simplement soumettre une hypothèse que l'on est en droit de construire sur les données qu'a fournies l'épidémie du paludisme de l'Armée d'Orient, qui revêtait des caractères particulièrement favorables à l'observation, comme conséquence du transport d'un grand nombre de sujets sains dans une région où le paludisme est endémique, mais où du fait de l'existence d'hivers toujours froids, l'anophèle inoculateur disparaît pendant plusieurs mois de l'année.

MÉDECINE EXPÉRIMENTALE. — *L'infection, la sensibilisation et l'immunité dans la lymphangite épizootique des Solipèdes.* Note de MM. **Boquet** et **L. Nègre**, présentée par M. Roux.

Tous les auteurs ont insisté sur le contraste qui existe entre l'extrême contagiosité de la lymphangite épizootique et la quasi-impossibilité de sa reproduction expérimentale. La plupart de ceux qui affirmèrent avoir obtenu des résultats positifs au moyen d'inoculations de pus spécifique, opéraient en milieu infecté. Au cours de ces dernières années, Vallée [1], avec la collaboration de Cuvillier et de Rinjard, expérimentant dans les conditions les plus variées et les plus favorables à l'évolution de la maladie, échoua presque toujours dans ses tentatives de transmission.

A dix reprises, sur douze essais (deux chevaux neufs se sont montrés réfractaires), nous avons réalisé la reproduction de la lymphangite épizootique sur le cheval, au moyen d'inoculations de cultures de cryptocoques. Les résultats de nos expériences et de nos observations, résumées dans la présente Note, démontrent l'action aggravante des réinoculations sur l'inoculation première et expliquent les constatations, en apparence contradictoires, que nous venons d'exposer.

A. *Infection.* — L'inoculation sous-cutanée d'une émulsion de culture de cryptocoques détermine, sur le cheval neuf, des lésions inflammatoires

---

[1] Vallée, *Bulletin de la Société centrale de Médecine vétérinaire*, 28 février 1918.

(œdème, puis abcès stérile) qui disparaissent en quelques jours. Après une incubation de 20 à 80 jours, un nodule se développe dans la région inoculée, grossit, s'ouvre et suppure pendant plusieurs mois, puis guérit. Il ne se produit pas de généralisation. Mais ce nodule augmente rapidement de volume et l'infection s'étend au réseau lymphatique voisin si une réinoculation est effectuée 22 à 50 jours après la première.

Une troisième inoculation effectuée 48 à 100 jours après la première, 26 à 50 jours après la seconde, aggrave en même temps les lésions qui se sont développées à la suite des deux premières inoculations.

Les réinoculations de doses faibles ($0^{g},005$ à $0^{g},05$) de microbes vivants, de microbes tués ou des produits d'autolyse de ces microbes, répétées tous les 7 à 9 jours au cours de l'évolution de la maladie naturelle ou expérimentale, provoquent une aggravation passagère des lésions, suivie d'une amélioration. Les réinoculations de doses supérieures à $0^{g},05$ entraînent une aggravation persistante, l'extension des cordes lymphatiques et la généralisation.

Ces phénomènes de réaction focale ne sont pas dus à une action spécifique des cryptocoques. Ils peuvent être provoqués :

a. Par des substances médicamenteuses (606);

b. Par des produits d'origine organique : émulsions leucocytaires, émulsions de levures non pathogènes, cultures tuées des bacilles de Preisz-Nocard, le sérum anticryptococcique.

Mais l'action des microbes spécifiques est plus intense.

B. *Sensibilisation*. — Si la réinoculation de cultures de cryptocoques est effectuée 20 à 25 jours après la première, les deux nodules initiaux apparaissent successivement, après une période d'incubation de même durée.

Si la réinoculation est effectuée 45 à 50 jours après la première, le nodule de réinfection apparaît après une incubation plus courte de moitié ou du tiers que celle du nodule de première infection.

L'œdème qui se manifeste aussitôt après l'inoculation de virus vivant ou mort augmente d'étendue après chaque réinoculation. L'inflammation s'étend au réseau lymphatique voisin et un abcès stérile se collecte. Cette réaction locale ne diffère que par son intensité et sa précocité de celle qui se produit après une première inoculation.

Dans la sensibilisation de l'organisme, il y a donc deux phénomènes distincts :

a. La libération des produits microbiens toxiques réinjectés est de plus en plus massive et accélérée (œdèmes étendus et abcès stériles précoces);

b. Les microbes réinoculés provoquent l'édification de plus en plus rapide des microbes spécifiques.

Ces faits expérimentaux confirment l'opinion de Vallée [1] suivant laquelle « au même titre que tuberculeux et morveux, les sujets porteurs de lymphangites spécifiques sont en état d'allergie. Comme tels, ils obéissent aux lois de la réaction générale, locale et focale aux antigènes ».

C. *Immunité.* — Une réinoculation de 0g,02 à 0g,05 de culture de cryptocoques vivants, pratiquée plus de 50 jours après la première ou au cours de la maladie naturelle, provoque seulement un œdème immédiat et un abcès stérile qui guérit en quelques jours. L'immunité est établie contre les réinfections.

Malgré cette résistance aux réinoculations, les animaux lymphangiteux restent sensibles à l'action des cryptocoques qu'ils hébergent et qui se multiplient dans les lésions anciennes. Des foyers nouveaux apparaissent loin des foyers primitifs, jusque dans les périodes les plus avancées de la maladie.

L'inoculation, deux ou trois fois répétée de faibles doses (0g,01 à 0g,05) de cultures stérilisées de cryptocoques, confère aux sujets neufs traités, une résistance telle qu'ils échappent le plus souvent à l'infection naturelle. Lorsque néanmoins ils sont infectés, ils ne contractent qu'une lymphangite bénigne qui guérit spontanément.

En résumé :

1° L'inoculation sous-cutanée d'une culture de cryptocoques détermine l'apparition d'un nodule qui s'abcède et guérit sans se généraliser;

2° L'extension et la généralisation de la lésion primitive sont provoquées par les réinoculations de ces microbes;

3° Sur l'organisme sensibilisé par une première inoculation, l'incubation du nodule de réinfection est plus courte que celle du nodule primitif;

4° Les animaux atteints de lymphangite naturelle ou expérimentale s'immunisent lentement. L'immunité n'est complète que 50 jours après la première inoculation.

---

[1] VALLÉE, *loc. cit.*

SCIENCE APPLIQUÉE A L'INDUSTRIE. — *L'organisation économique des transports industriels automobiles dans une grande ville.* Note de M. **Émile Belot**, présentée par M. L. Lecornu.

J'ai eu l'occasion, depuis un an, d'appliquer le *principe de continuité*, dont j'ai montré ailleurs [1] la généralité, à l'organisation, à Paris, d'un service de transports industriels par camions automobiles. Ce principe conduit à la recherche de la suppression de toute discontinuité dans la circulation des matières à travers la canalisation industrielle, toute discontinuité de vitesse (comme pour un fluide) aboutissant à une perte de rendement. Ici c'est la ville entière qui est l'usine où circulent les matières transportées, les camions n'étant que les organes oscillants de cette circulation dans laquelle doivent être évitées les discontinuités tenant au matériel, aux ouvriers et à l'organisation du travail.

Soit R le prix de revient de la tonne transportée : pour que le camion de charge utile C ait l'utilisation maxima, il faudrait qu'il ne fût jamais arrêté, ce qui exigerait théoriquement un nombre n infini d'ouvriers occupés au chargement et déchargement à chaque extrémité de course. Si le nombre n est trop petit, le camion stationne longtemps pour le chargement ou le déchargement : il est mal utilisé. Le problème à résoudre est donc le suivant : *Trouver le nombre n d'ouvriers à occuper au chargement et déchargement, tel que le prix de revient* R *de la tonne transportée soit minimum.*

Ce problème comporte des solutions différentes suivant qu'on transporte ou non tout ou partie des n ouvriers avec le camion afin d'être assuré de trouver à destination la main-d'œuvre nécessaire pour un déchargement rapide. Nous supposerons le cas où tous les ouvriers sont transportés avec le camion, les autres cas pouvant être traités d'une manière analogue.

Soient K le tarif kilométrique, P le tarif forfaitaire par journée de 10 heures en cas de location de camion (K et P pourront toujours être évalués dans le cas où le camion est la propriété du transporteur), p le salaire journalier d'un ouvrier, et T le nombre de tonnes chargées et déchargées à l'heure par chacun d'eux. On aura, N étant le nombre de

---

[1] *Technique moderne* (octobre 1911 et avril 1918).

voyages aller et retour comportant chacun B kilomètres en moyenne,

$$R = \frac{BK}{C} + \frac{P + np}{CN}. \qquad (1)$$

A Paris, en moyenne, un voyage aller et retour dure 1 heure. On a donc

$$(10 - N)nT = CN. \qquad (2)$$

Portant dans (1) la valeur de N tirée de (2), on a

$$R = \frac{BK}{C} + \frac{(P + np)(nT + C)}{CnT}. \qquad (3)$$

La relation entre R et n est hyperbolique; le minimum de R correspond au nombre d'ouvriers n_1 :

$$n_1 = \sqrt{\frac{P}{p}\frac{C}{T}}.$$

A la Manufacture où fonctionnent ces transports automobiles, on a $C = 2,5$, $T = 1,25$, $p = 10^{fr}$, $P = 80^{fr}$, d'où $n_1 = 4$ ouvriers.

Si les ouvriers chargent et déchargent sans être transportés avec le camion, il suffit de supprimer dans (3) le terme en n^2; dans ce cas, il semble que n doive être aussi grand que possible pour diminuer le prix de revient, mais, en pratique, les ouvriers se gênent dès que $n \geqq 5$.

Au début de l'organisation du service, on ne faisait voyager qu'un ouvrier avec chaque camion; c'est l'analyse des conditions à remplir qui a conduit à en faire voyager deux et à leur en adjoindre deux autres à chaque chargement ou déchargement. En fait, on a pu réduire le prix de revient R au $\frac{1}{3}$ de ce qui était demandé par les entreprises automobiles privées et, en outre, on a abouti à l'organisation pratique suivante :

Personnel. — Une cause fréquente de stationnements réside dans les formalités et démarches à faire dans les gares, à l'octroi, aux services de batellerie, ainsi que dans l'obstruction faite par les camionneurs ordinaires habitués à se présenter par séries dans les établissements destinataires. On a paré autant que possible à ces difficultés au moyen d'un convoyeur ayant autorité sur le conducteur et les ouvriers transportés, et intéressé à multiplier le nombre de voyages (*prime par voyage*). D'un autre côté les ouvriers ont une *prime à la tonne* transportée. Cette double prime accélère beaucoup le service.

Matériel. — Les camions automobiles actuels ont une capacité de chargement prévue pour des matières pondéreuses (charbon, métaux, bois, papiers, farines), mais très insuffisante pour les matières ouvrées (tels que les produits fabriqués par la Régie). Sur un camion de $2^t,5$ on ne peut guère charger que $1^t,5$ de ces produits. On peut parer à cette difficulté de plusieurs manières :

1° Diminuer le tonnage brut à transporter en supprimant les caisses exigeant un retour onéreux de colis vides et ne laissant que les colis en vrac à transporter; 2° augmenter par des abattants ou des hausses mobiles la capacité des plateaux des camions; 3° employer des remorques qui ont l'inconvénient d'être très encombrantes et de ne pouvoir facilement accoster un quai.

La meilleure solution pour éviter, d'après le principe de continuité, de longs stationnements au moment du chargement et du déchargement consisterait dans l'emploi d'un plateau mobile sur rouleaux et chargé d'avance que l'on roulerait en moins d'une minute sur le plateau du camion et qui pourrait être enlevé avec la même rapidité à l'arrivée.

Comparaison avec le camionnage hippomobile. — Dans les transports urbains ce camionnage a une vitesse moyenne moitié moindre que celle du camionnage automobile. Sa lenteur se transmet au camionneur qui perd la notion du temps et de la vitesse. Une autre action réflexe organique agit dans le même sens : le moteur animal ne s'alimente que pendant les arrêts, le moteur à pétrole que pendant la marche. Le camionneur a donc pris l'habitude vicieuse et séculaire de s'immobiliser comme ses chevaux. Enfin le camionnage hippomobile contrevient au principe de la division du travail et de la spécialisation des ouvriers : en raison de sa lenteur il ne pouvait être question de faire voyager avec le camion les hommes de peine nécessaires aux manutentions aux extrémités de course. Voilà comment les camionneurs se transforment en hommes de peine et, pour faciliter le travail de manutention, se forment en groupe inséparables.

Tous ces errements néfastes se sont transmis au camionnage automobile : on peut citer des compagnies dont les camions automobiles se présentent par trois ou par six dans des établissements où, faute de place ou de personnel, on ne peut en décharger qu'un ou deux à la fois : d'où une stagnation prolongée.

Au moment où sévit avec intensité la crise des transports, on voit que le

camionnage automobile est loin de réaliser une organisation scientifique économisant le personnel et le matériel.

A 16 heures et quart l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 16 heures trois quarts.

A. Lx.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

Ouvrages reçus dans les séances de décembre 1918.

La face de la Terre (*Das Antlitz der Erde*), par Ed. Suess. Traduit avec l'autorisation de l'auteur et annoté sous la direction de Emmanuel de Margerie. Tome III, 4e partie (fin), avec un épilogue par Pierre Termier, et Tables générales de l'Ouvrage. Paris, Armand Colin, 1918; 2 vol. 24cm,5.

Essais de Paléoconchologie comparée, par M. Cossmann. Paris, chez l'auteur, 1918; 1 vol. 28cm. (Présenté par M. Douvillé.)

Expédition de la Célèbes centrale, par Abendanon, tome III. (Présenté par M. Douvillé.)

Muséum d'Histoire naturelle de Genève. *Catalogue illustré de la collection Lamarck*. Première partie : *Fossiles*. Genève, Georg et Cie, 1918; 1 vol. 31cm.

Manuel pratique du traitement de l'hypertrophie prostatique par la méthode conservatrice de Reliquet et Guépin, par le Dr Maurice Pineau. Paris, A. Maloine et fils, 1918; 1 vol. 24cm. (Présenté par M. Laveran.)

Remarques au sujet des conditions à remplir par certains dispositifs destinés à atténuer les coups de bélier dans les conduites forcées, par le comte de Sparre. Paris. (Extrait de la *Revue générale d'Électricité*, 1918.) 1 fasc. 30cm.

(*A suivre.*)

ERRATA.

(Séance du 3 février 1919.)

Note de M. *P.-W. Stuart-Menteath*, Sur la tectonique des Pyrénées :

Page 280, ligne 11, *au lieu de* Onux, *lire* Omex; ligne 14, *au lieu de* aux, *lire* des.
Page 281, ligne 9, *au lieu de* sont, *lire* étant.

(Séance du 10 février 1919.)

Note de M. *R. Fosse*, Formation, par oxydation des substances organiques, d'un terme intermédiaire produisant spontanément l'urée :

Page 320, première ligne du titre, *au lieu de* par oxydation, des, *lire* par oxydation des....

Même page, ligne 7 de la Note, *au lieu de* Schutzen, *lire* Schultzen; ligne 9, *au lieu de* théorie organique, *lire* théorie cyanique.

Page 321, avant-dernière ligne, *au lieu de* ammoniaque à 2°,2, *lire* ammoniaque à 22°.